

第 135 回  
火山噴火予知連絡会資料

(その3) 阿蘇山

平成 28 年 6 月 14 日

# 火山噴火予知連絡会資料（その3）

## 目次

### 阿蘇山

気象庁（気象研 29-34） .....	3
九大 .....	35
防災科研 .....	37
国通研 .....	49
地理院 .....	50
アジア航測 .....	59

## 阿蘇山 (2016年5月31日現在)

ごく小規模から小規模な噴火が2月17日、18日、3月4日、4月16日及び5月1日に発生した。

火口内では湯だまりを確認し、土砂噴出も確認した。また、火口底南側及び南西側で高温の噴気孔を確認した。

火山性微動の振幅は、2月から3月上旬及び4月末から5月中旬にやや大きな状態となり、消長を繰り返している。また、4月16日から18日にかけて、調和型の火山性微動が発生し、一時的に振幅のやや大きな状態となった。

火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は、1月及び2月は1日あたり300~1,800トンと一時的に減少する時もあったが、3月以降は1日あたり1,200~2,500トンと多い状態で経過した。

以上のように阿蘇山の火山活動は一時的に低下した時もあったが概ねやや活発な状況で経過した。なお、「平成28年(2016年)熊本地震」後に更なる活発化は見られなかった。

中岳第一火口では、時々小規模な噴火が発生しており、今後も火口周辺に影響を及ぼす噴火が発生する可能性がある。

中岳第一火口から概ね1kmの範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石及び火砕流に警戒が必要である。風下側では降灰及び風の影響を受ける小さな噴石、火山ガスに注意が必要である。平成27年11月24日に火口周辺警報(噴火警戒レベル2、火口周辺規制)を発表した。その後、警報事項に変更はない。

### 概況(2016年1月~5月31日)

- ・噴煙など表面現象の状況(図1~12、図13- ~、図14- ~)

2月17日03時30分頃に空振を伴う振幅の大きな火山性微動が発生した。火口周辺は雲に覆われていたため噴煙等の状況は確認できなかったが、同日に実施した現地調査及び聞き取り調査で火口から南東方向の高森町で降灰を確認した。このことから火山性微動発生時に噴火が発生したと考えられる。18日の現地調査では、第一火口南西側の火口壁に17日の噴火によると考えられる噴石の落下跡を確認した。

2月18日16時57分に小規模な噴火が発生し、乳白色の噴煙が火口縁上1,600mまで上がった。遠望カメラで火口から北西約400mに噴石が飛散するのを確認した。この噴火に伴い、空振を伴う振幅の大きな火山性微動が発生した。

3月4日06時56分頃に小規模噴火が発生し、乳白色の噴煙が火口縁上1,000mまで上がった。同日に実施した現地調査では、中岳第一火口東方の阿蘇市波野付近及び高森町上色見付近でガードレールにわずかな火山灰が付着しているのを確認した。

4月16日08時30分にごく小規模な噴火が発生し、18時15分頃まで継続した。乳白色の噴煙が火口縁上100mまで上がった。

5月1日05時45分頃にごく小規模な噴火が発生し、灰白色の噴煙が火口縁上300mまで上がった。

期間中実施した現地調査(3月3日、7日、16日、17日、22日、4月6日、20日、22日、5月13日、19日、24日)では、中岳第一火口内で灰白色から灰色の湯だまりを確認した。噴煙のため湯だまり量は不明である。また、火口底で土砂噴出を確認した。熱映像装置による観

測では、湯だまりの表面の最高温度は約 50～80 であった。3月以降、火口底南側で高温の噴気孔を確認し、最高温度は 180～330 であった。また、4月からは火口底南西側でも高温の噴気孔を確認し、最高温度は 270～420 であった。

・地震や微動の発生状況（図 13- 、図 14- ~ 、図 15～19、図 22）

2月17日03時30分頃の噴火に伴って継続時間約3分の振幅の大きな火山性微動が発生し、古坊中観測点（中岳第一火口の南西約1.2km）で12Paの空振を観測した。2月18日16時57分の小規模な噴火でも継続時間約2分の振幅の大きな火山性微動が発生し、11Paの空振を観測した。3月4日06時56分頃に発生した噴火では、空振を伴う火山性地震が発生し、5Paの空振を観測した。

火山性微動の振幅は、2月から3月上旬及び4月末から5月中旬にやや大きな状態となり、消長を繰り返している。また、「平成28年（2016年）熊本地震」発生直後の4月16日から18日にかけて一時的にやや大きな状態となった。この火山性微動は発生時から終了まで2Hz付近が卓越する特徴をもつ調和的な微動であった。

火山性地震は、3月に一時的にやや多い状態となったが、概ね少ない状態で経過した。火山性地震の震源は主に中岳第一火口直下のごく浅いところに分布した他、第一火口から概ね5km程度の範囲で深さ1～5kmにも分布した。阿蘇山周辺の主に北側では「平成28年（2016年）熊本地震」の一連の活動が認められる。

孤立型微動は火山性微動の振幅増大により計数できない期間を除いて概ねやや多い状態で経過した。

・火山ガスの状況（図13- 、図14- ）

火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、1月及び2月は1日あたり300～1,800トンと一時的に減少する時もあったが、3月以降は1日あたり1,200～2,500トンと多い状態で経過した。

・地殻変動の状況（図 20～22）

GNSS連続観測では、深部にマグマだまりがあると考えられている草千里を挟む古坊中 - 長陽（国）の基線で、2015年8月頃からわずかな伸びの傾向が認められていたが、11月頃から停滞している。「平成28年（2016年）熊本地震」に伴う変動が認められる。

傾斜計でも「平成28年（2016年）熊本地震」に伴う変動が認められているが、火山活動に起因すると考えられる特段の変化は認められなかった。

・南阿蘇村吉岡の噴気地帯の状況（図23、図24）

2月26日及び3月29日に実施した現地調査では、これまでと同様にやや活発な噴気活動が続いていることを確認した。



図 1 阿蘇山 噴火の状況 (2月18日、草千里遠望カメラによる)



図 2 阿蘇山 2月18日実施の現地調査で確認した火口縁の噴石の落下跡 (火口南側展望所より撮影)

2月18日に実施した現地調査では、中岳第一火口南西側の火口壁に、17日の噴火によると思われる新たな噴石の落下跡を確認した (黄色矢印)。



図 3 阿蘇山 火口底中央部付近の状況 (火口縁の南側から撮影)

期間中に実施した現地調査 (3月3日、7日、16日、17日、22日、4月6日、20日、22日、5月13日、19日、24日) では、中岳第一火口内に湯だまりを確認したが、噴気が多く火口内の詳細な状況は確認できなかった。



図 4-1 阿蘇山 2月17日03時30分頃に発生したと考えられる噴火に伴う降灰状況

- ・高森町大字中付近で、雪の上にまばらに火山灰を確認した（写真左）
- ・鍋の平キャンプ場に駐車中の車の屋根で火山灰を確認した（写真右）

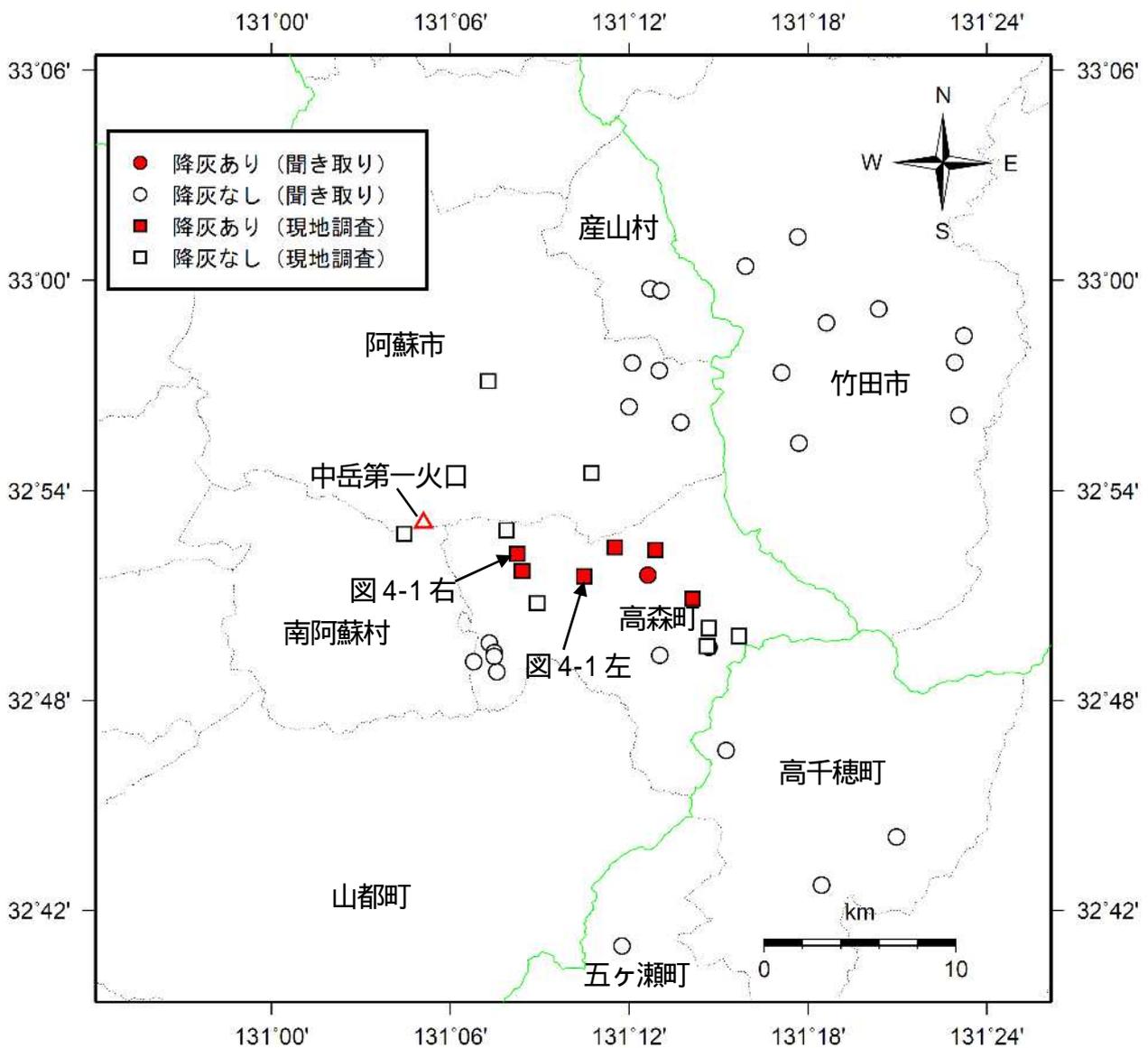


図 4-2 阿蘇山 2月17日03時30分頃の噴火に伴う降灰分布

中岳第一火口の南東方向の高森町で降灰を確認した。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000（行政界・海岸線）』を使用した。



図 5-1 阿蘇山 2月18日16時57分に発生した噴火に伴う降灰状況

- ・仙酔峡登山道のガードレールに湿った火山灰を確認した(写真左)
- ・国道265号妻子ヶ鼻付近で屋根の上に火山灰を確認した(写真右)

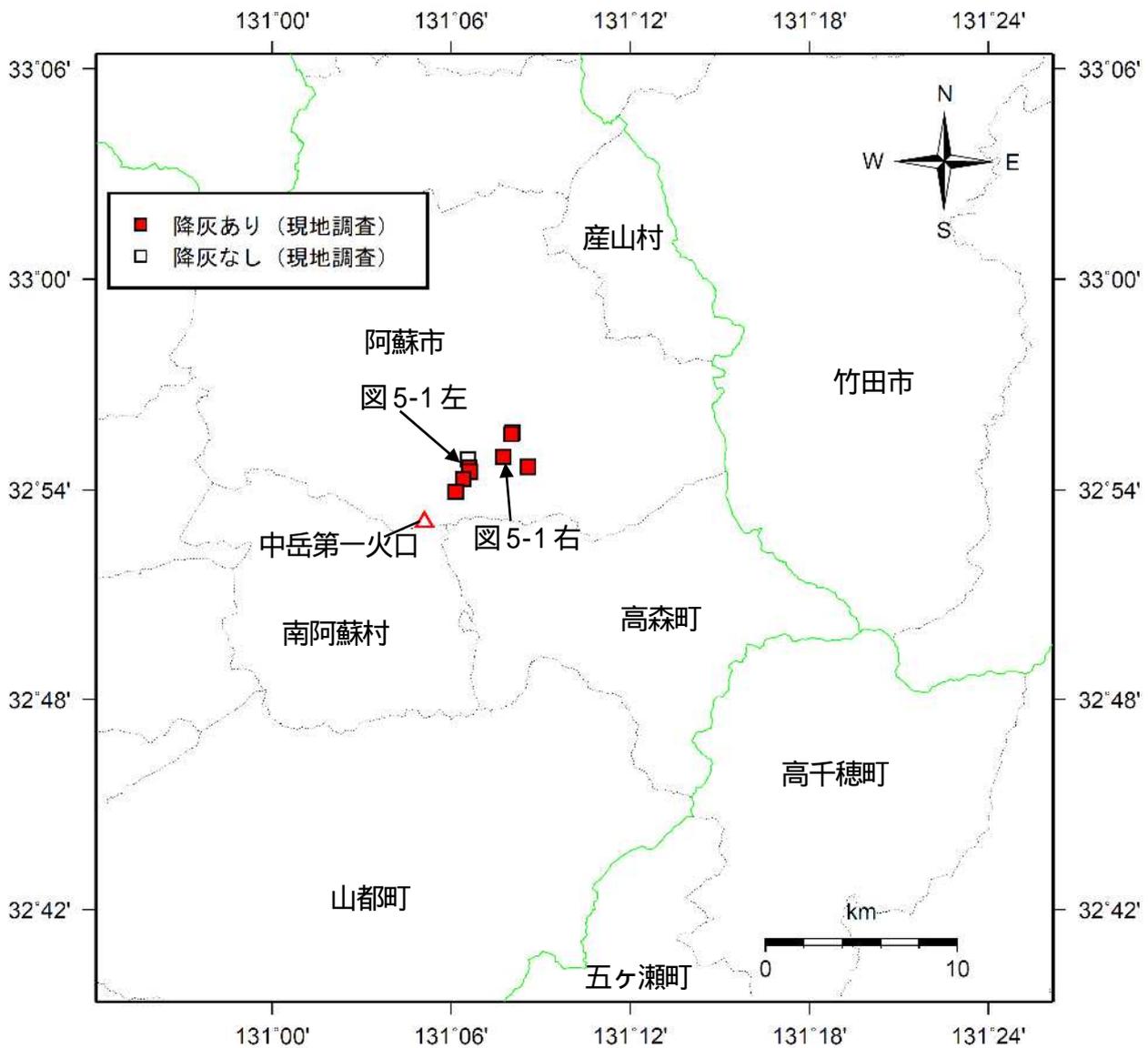


図 5-2 阿蘇山 2月18日16時57分の噴火に伴う降灰分布

中岳第一火口の北東方向の阿蘇市で降灰を確認しました。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図25000(行政界・海岸線)』を使用した。



図6-1 阿蘇山 3月4日06時56分頃に発生した噴火の現地調査で確認した降灰の状況  
ガードレールに付着した灰白色のわずかな火山灰を確認した。



図6-2 阿蘇山 3月4日06時56分頃に発生した噴火の現地調査で降灰を確認した地点  
中岳第一火口の東側にあたる阿蘇市波野付近及び高森町上色見付近で  
わずかな降灰を確認した。



図7 阿蘇山 噴火の状況（4月16日、草千里遠望カメラによる）  
4月16日08時30分にごく小規模な噴火が発生し、18時15分頃まで続いた。乳白色の噴煙が火口縁上100mまで上がった。



図8 阿蘇山 噴火の状況（5月1日、草千里遠望カメラによる）  
5月1日05時45分にごく小規模な噴火が発生し、灰白色の噴煙が火口縁上300mまで上がった。

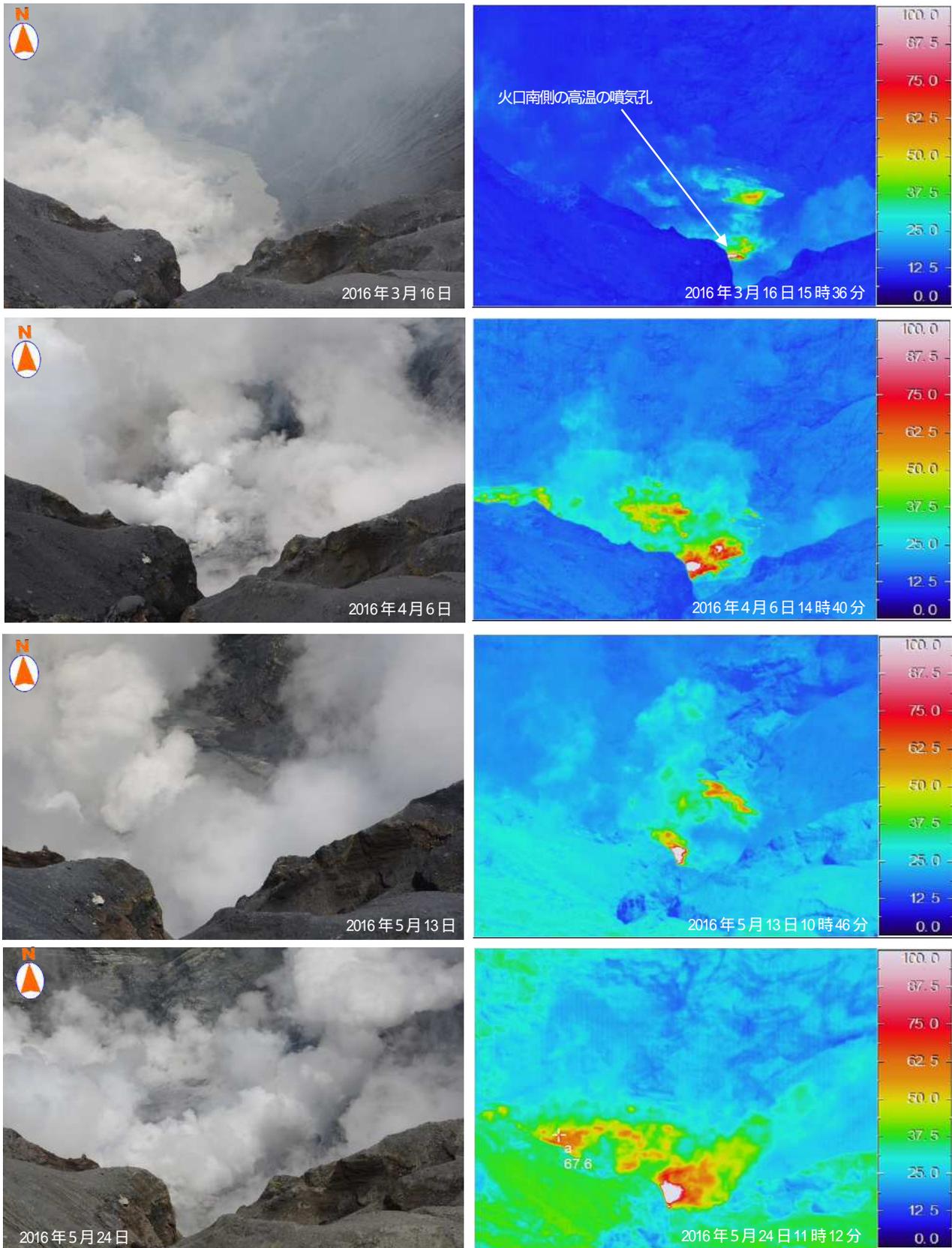


図9 阿蘇山 中岳第一火口の状況と赤外熱映像装置による地表面温度分布（南側観測点から）

- ・火口底に灰色の湯だまりを確認したが、湯だまりの量は噴煙のため不明である。
- ・湯だまりの表面の最高温度は約 50～80 であった。

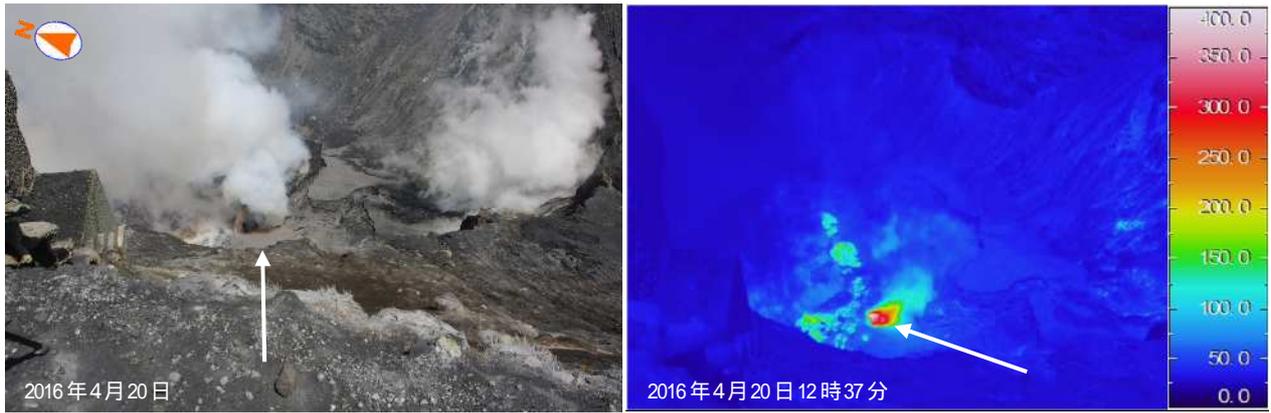


図 10 阿蘇山 中岳第一火口の火口底南西側の噴気孔（南西側観測点から）  
火口底南西側で高温の噴気孔（白矢印）を確認した。



図 11 阿蘇山 中岳第一火口の土砂噴出（南側観測点から）  
湯だまり内で土砂噴出（赤丸内）を確認した。

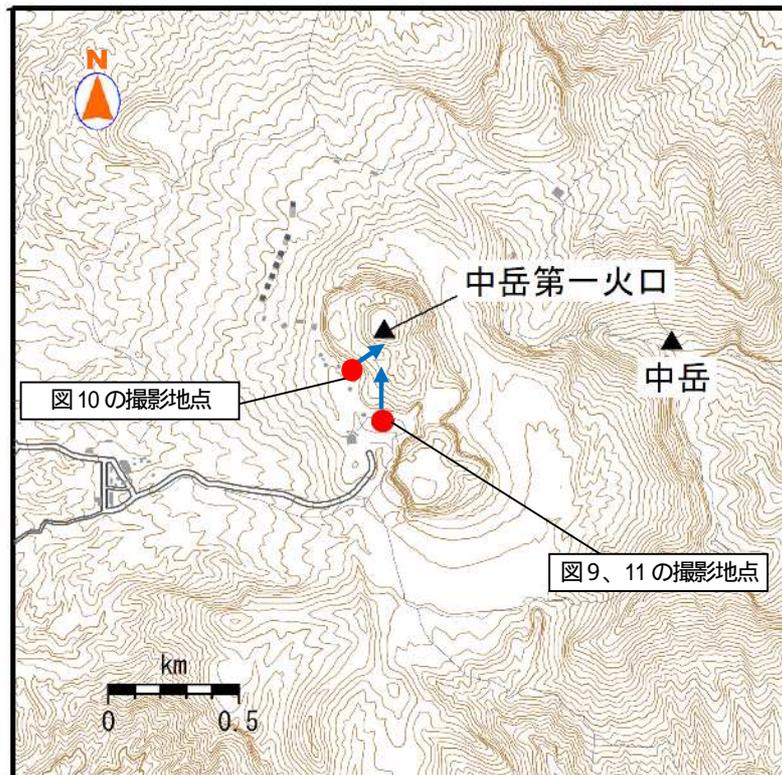


図 12 阿蘇山 中岳第一火口現地調査観測点  
この地図の作成には、国土地理院発行の『基盤地図情報』『基盤地図情報（数値標高モデル）』を使用した。

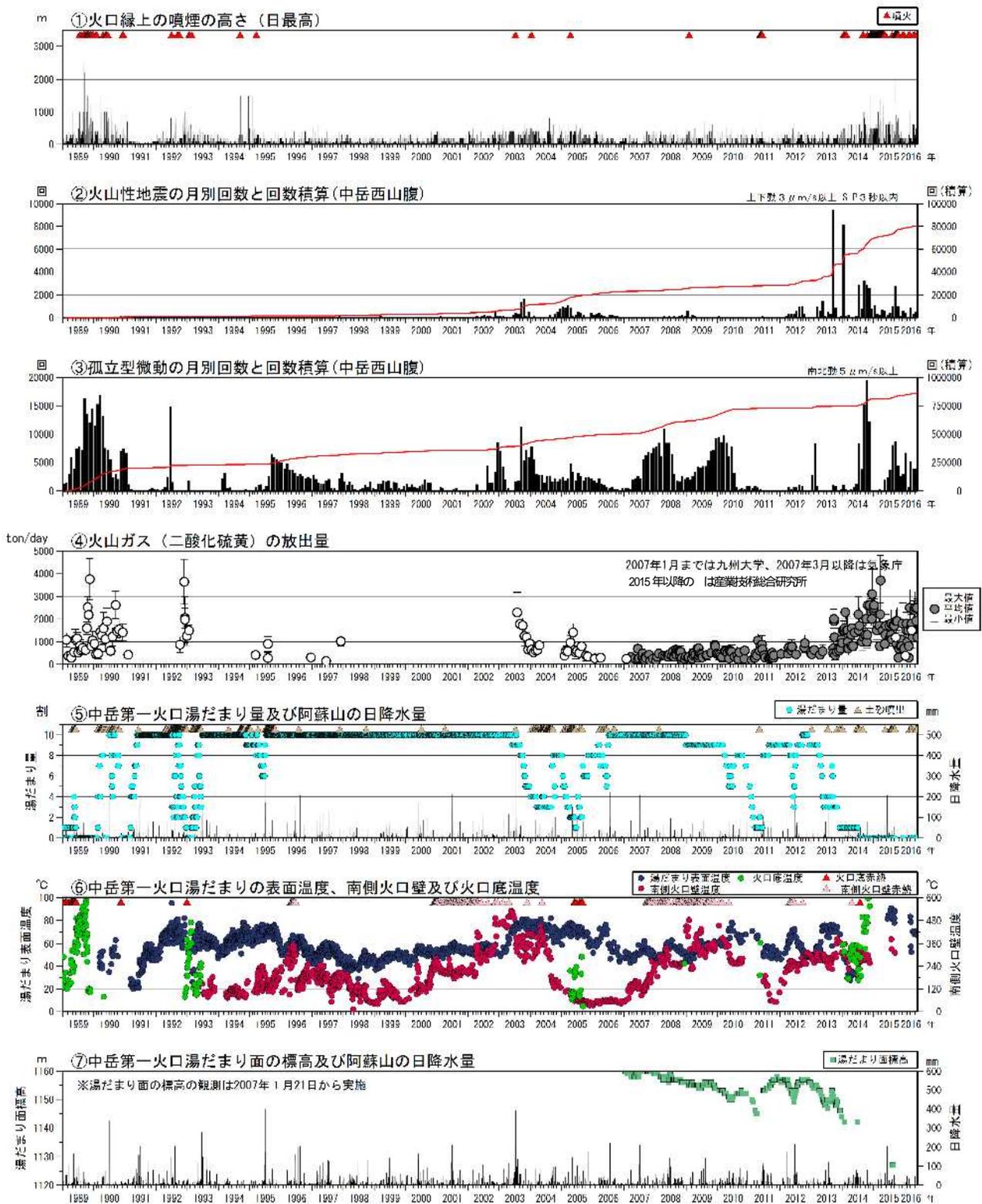


図 13 阿蘇山 火山活動経過図 (1989 年 1 月 ~ 2016 年 5 月)

2002 年 3 月 1 日から検測基準を変位波形から速度波形に変更した。

と の赤線は回数の積算を示している。

阿蘇山の降水量は 2015 年 9 月 14 日から 12 月 16 日まで欠測している。

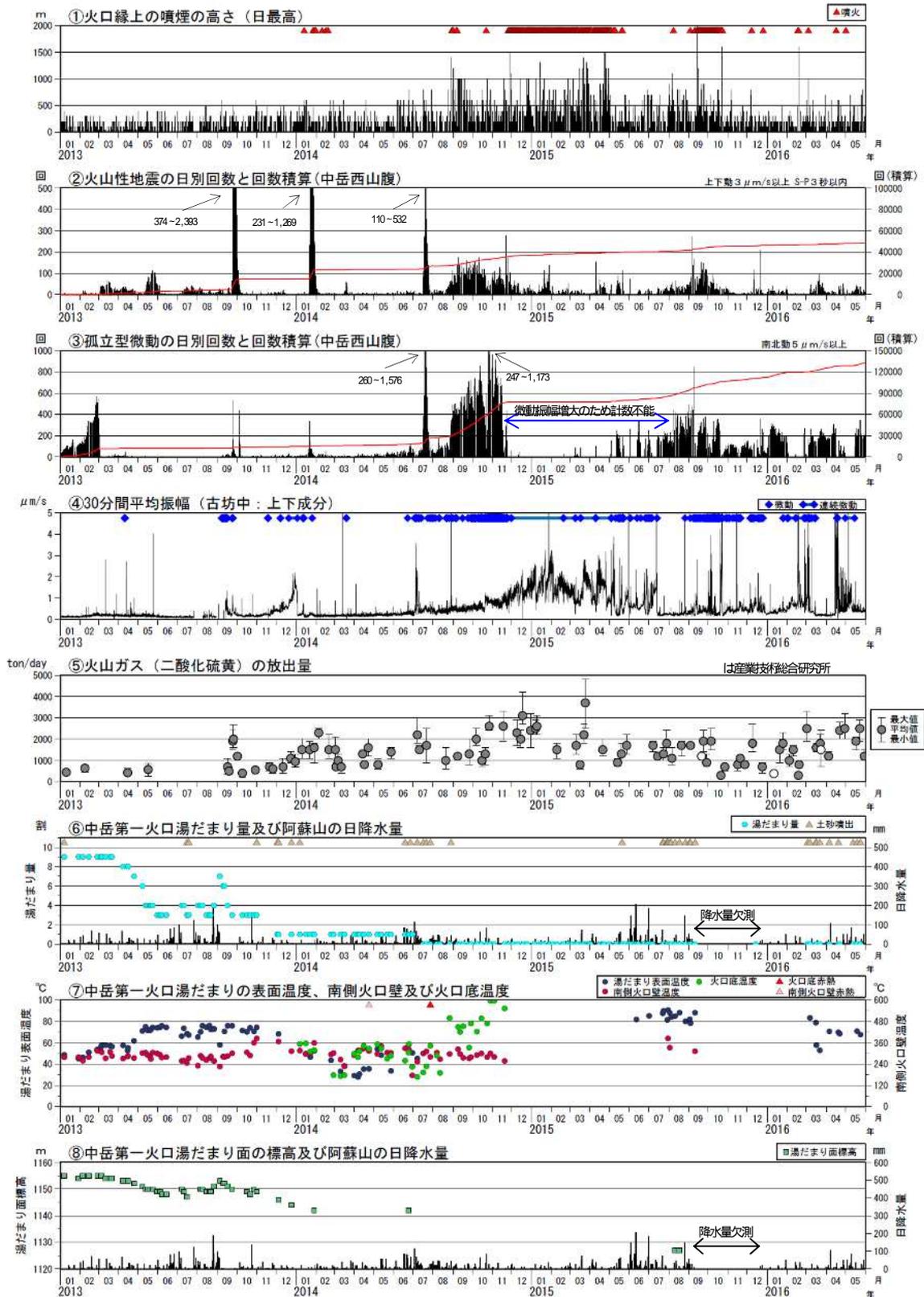


図 14 阿蘇山 火山活動経過図 (2013 年 1 月～2016 年 5 月)

<2016 年 1 月 1 日～2016 年 5 月の状況>

- ・火山性微動の振幅は、2 月から 3 月上旬及び 4 月末から 5 月中旬にやや大きな状態となった。また、4 月 16 日から 18 日にかけて調和型の振幅のやや大きい火山性微動が発生した。
- ・火山性地震は、3 月に一時的にやや多い状態となったが、概ね少ない状態で経過した。
- ・孤立型微動は火山性微動の振幅増大により計数できない期間を除いて概ねやや多い状態で経過した。
- ・火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は、1 月及び 2 月は 300～1,800 トンと一時的に減少する時もあったが、3 月以降は 1 日あたり 1,200～2,500 トンと多い状態で経過した。

と の赤線は回数の積算を示している。

阿蘇山の降水量は 2015 年 9 月 14 日から 12 月 16 日まで欠測している。

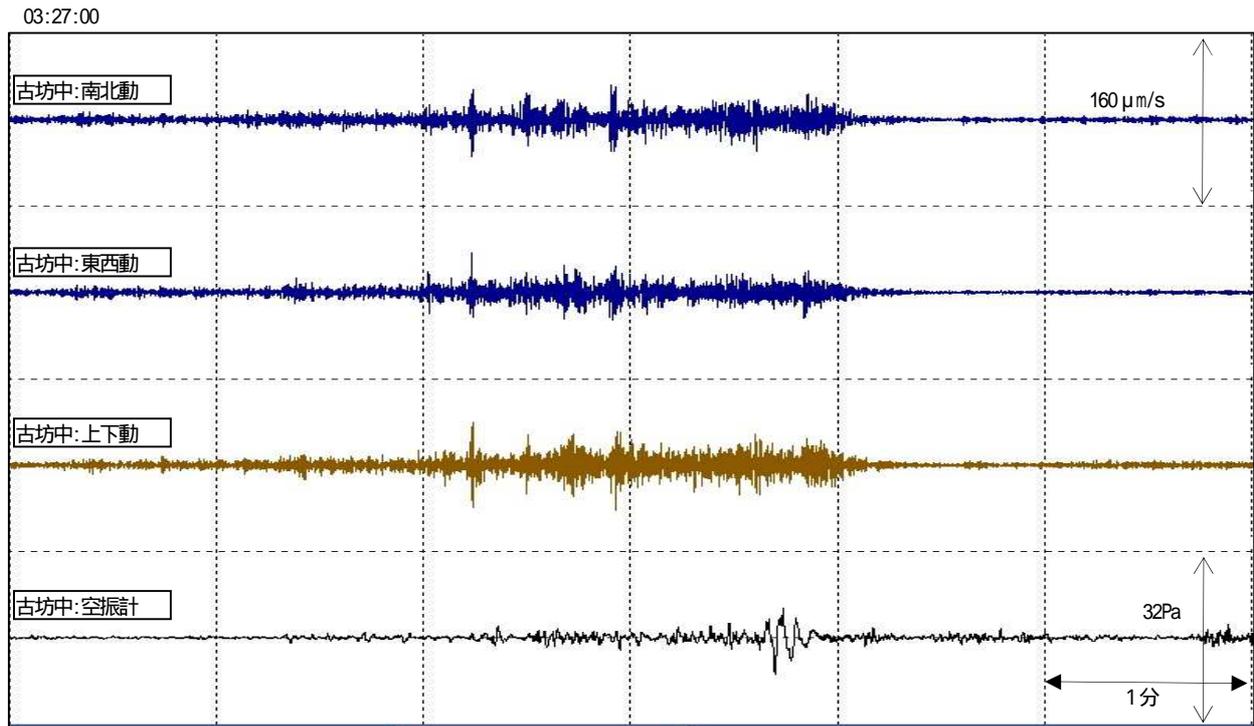


図 15-1 阿蘇山 2月17日03時30分頃に発生した噴火に伴う火山性微動と空振波形

- ・ 2月17日03時28分頃に、継続時間約3分の振幅の大きな火山性微動が発生した。
- ・ 古坊中観測点（中岳第一火口の南西約1.2km）で12Paの空振を観測した。

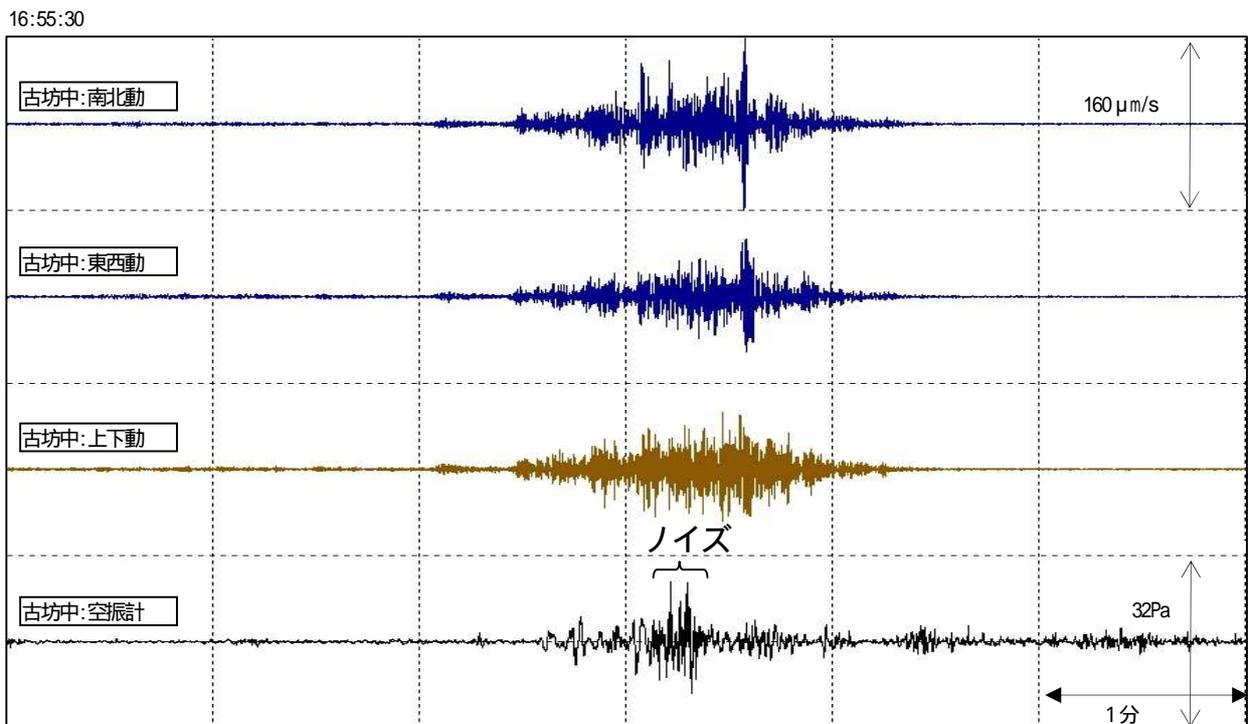


図 15-2 阿蘇山 2月18日16時57分に発生した噴火に伴う火山性微動と空振波形

- ・ 18日16時57分の小規模な噴火に伴って、継続時間約2分の振幅の大きな火山性微動が発生した。
- ・ 古坊中観測点で11Paの空振を観測した。

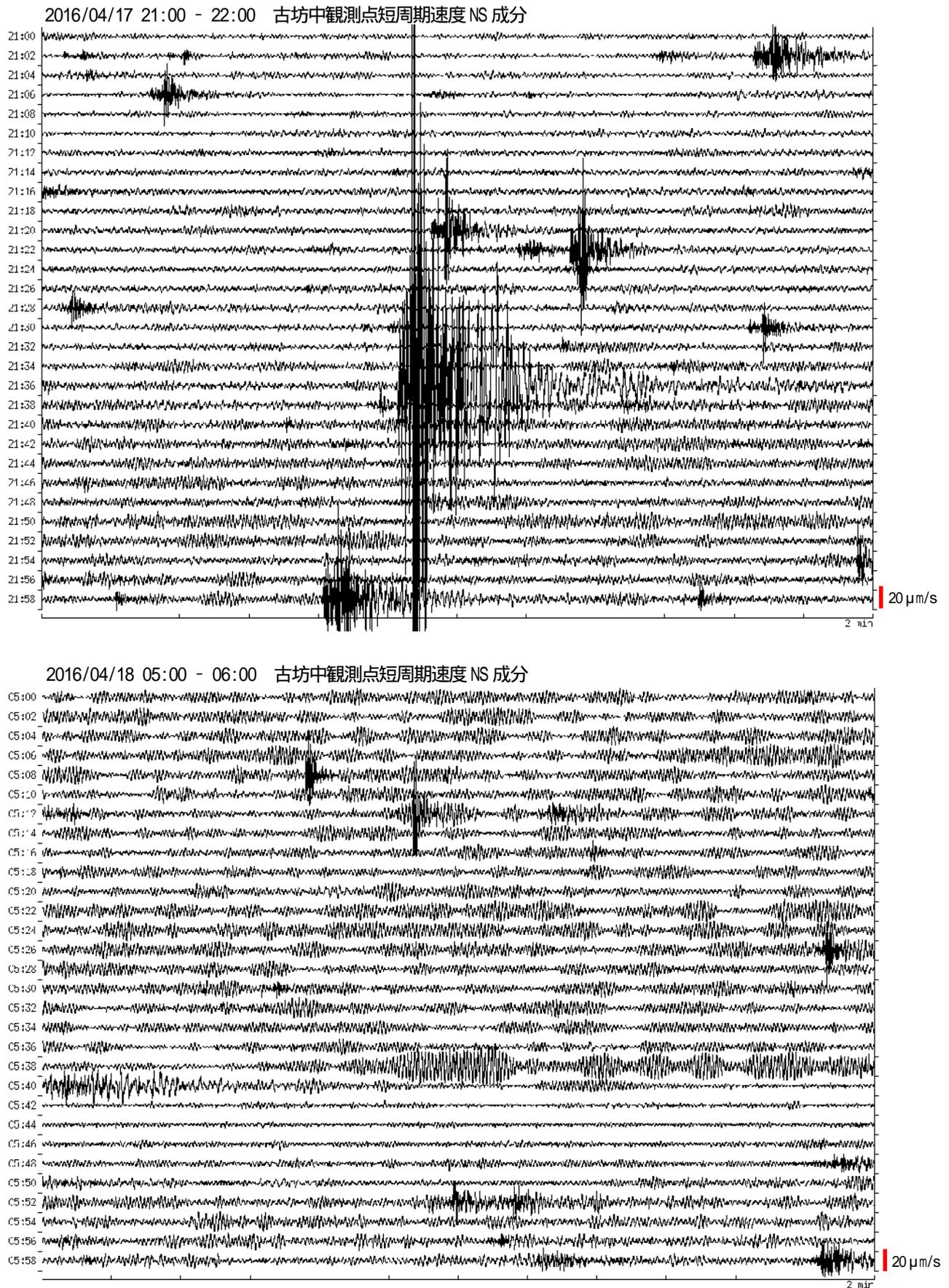


図 16-1 阿蘇山 4月16日から18日にかけて発生した火山性微動の例（古坊中観測点 NS 成分）

「平成28年（2016年）熊本地震」発生後の4月16日から18日にかけて調和型のやや大きい火山性微動が発生した。

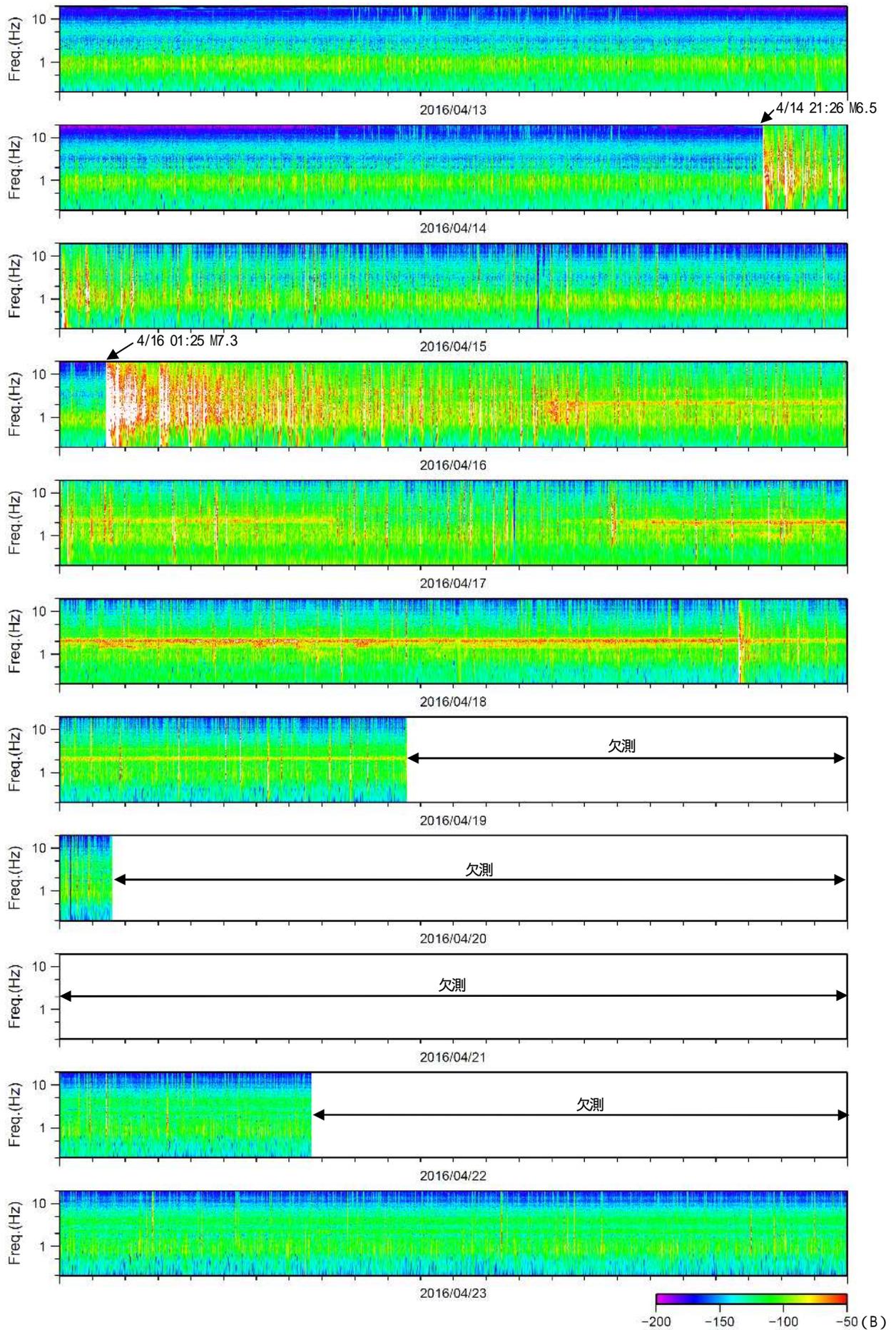


図 16-2 阿蘇山 4月13日から23日のランニングスペクトル(古坊中観測点NS成分)

- ・「平成28年(2016年)熊本地震」発生後の4月16日から18日にかけて火山性微動が発生した。
- ・2Hz付近に主なピークがあり、時々複数のピークが認められる。

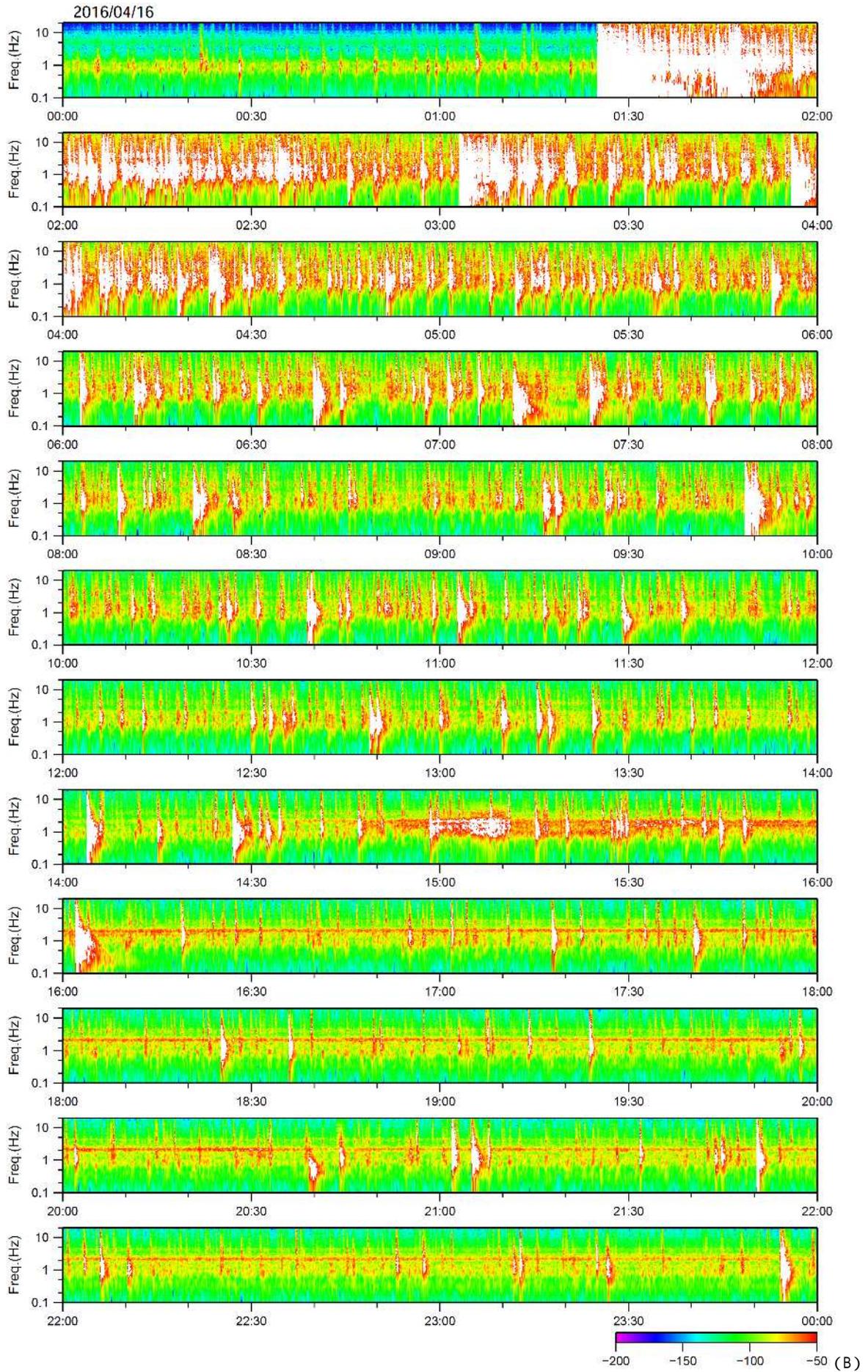


図 16-3 阿蘇山 4月16日のランニングスペクトル(古坊中観測点NS成分)

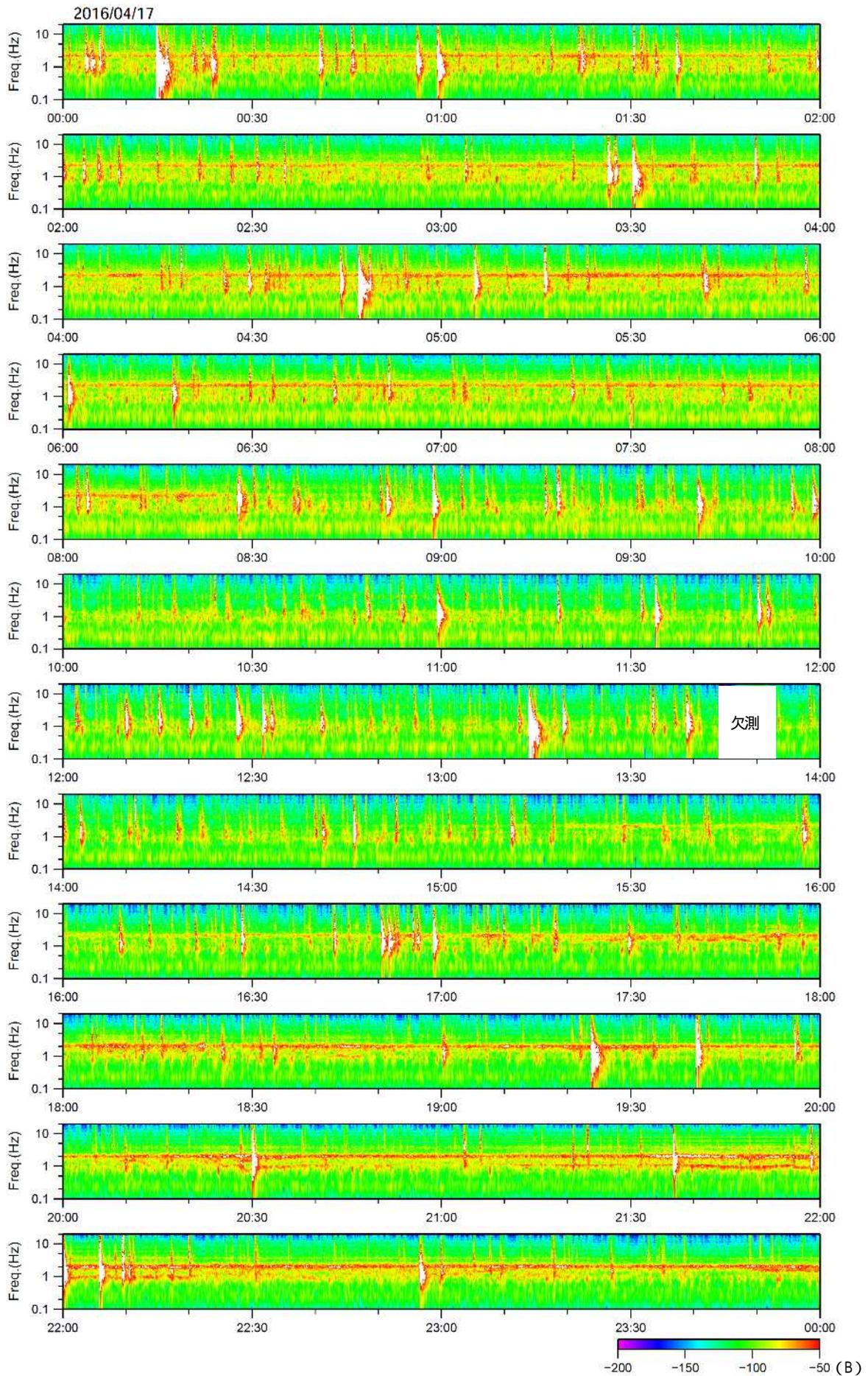


図 16-4 阿蘇山 4月17日のランニングスペクトル(古坊中観測点 NS 成分)



図 16-5 阿蘇山 4月18日のランニングスペクトル(古坊中観測点 NS 成分)

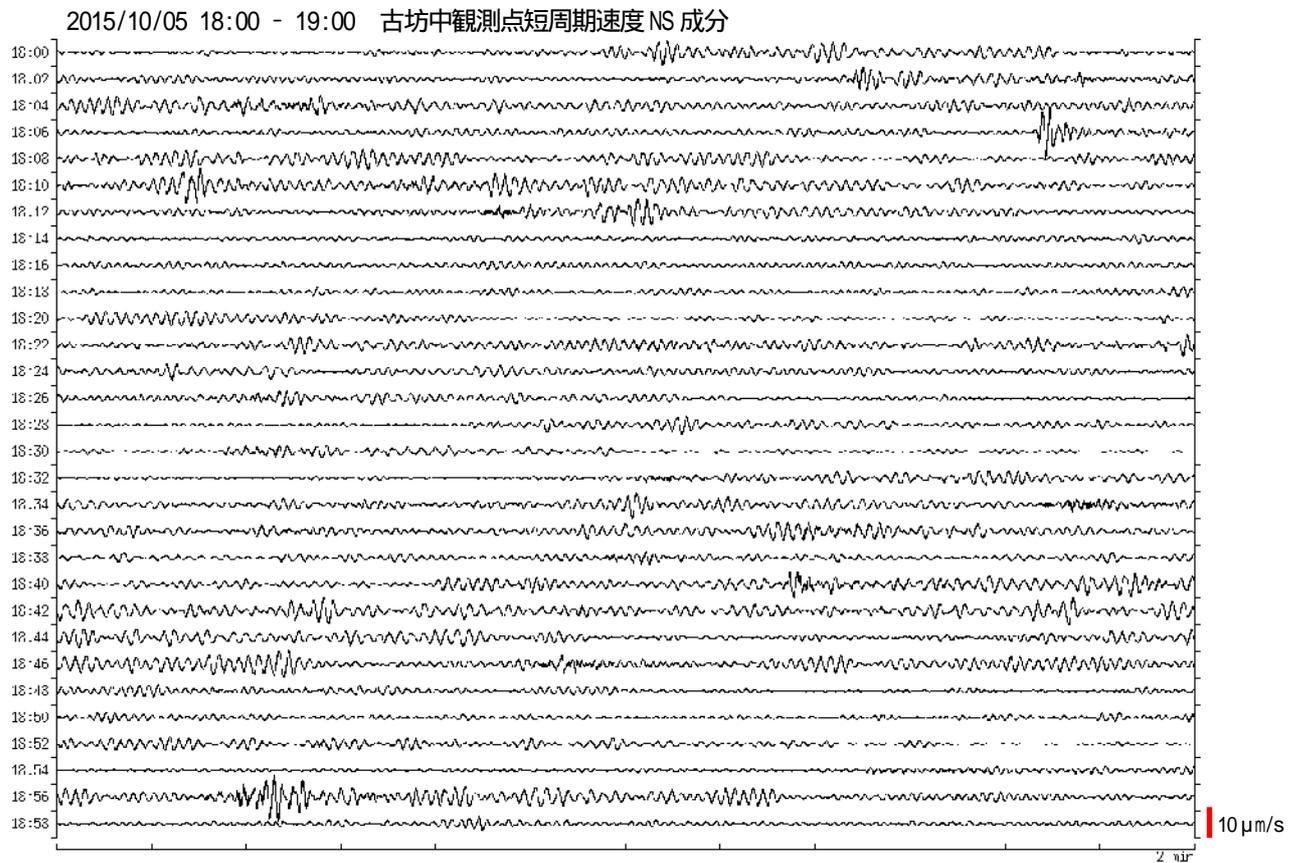
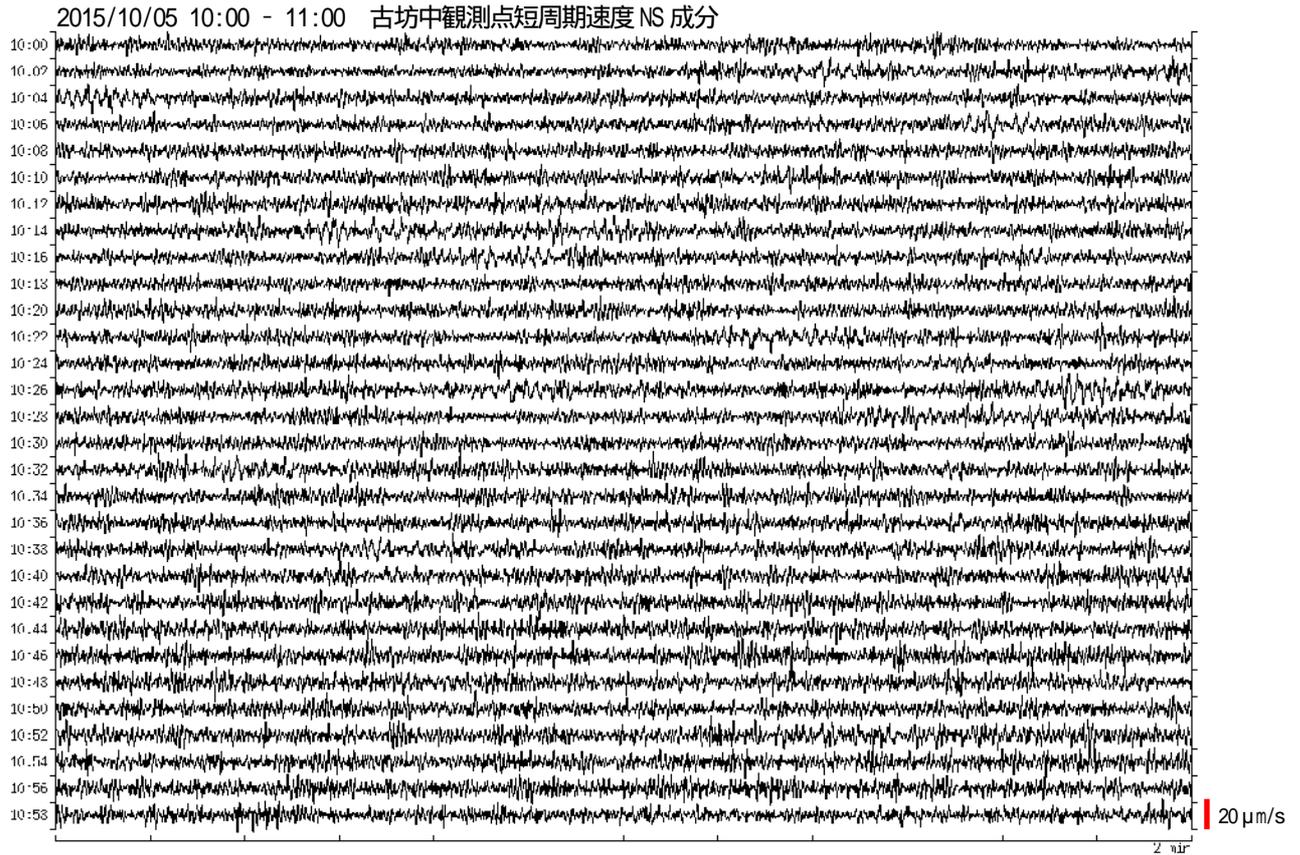


図 17-1 阿蘇山 2015 年 10 月 5 日に発生した火山性微動の波形例（古坊中観測点 NS 成分）  
 2015 年 10 月 5 日にも調和型にみえる火山性微動が発生したが、2016 年 4 月 16～18 日に発生した火山性微動と違い、終始複数の周波数にピークが認められる。



図 17-2 阿蘇山 2015 年 10 月 5 日のランニングスペクトル (古坊中観測点 NS 成分)  
 複数の周波数にピークが認められる。

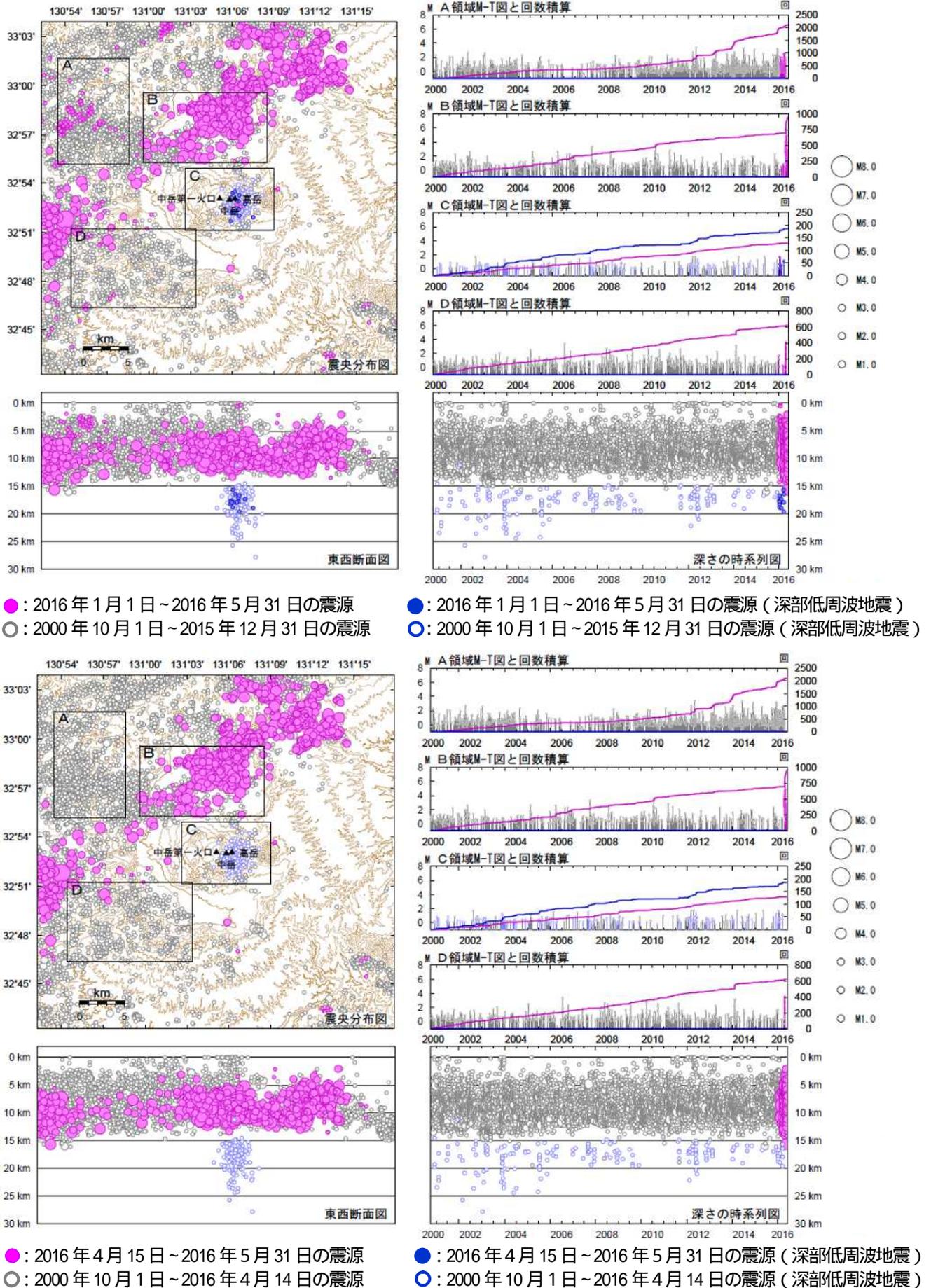
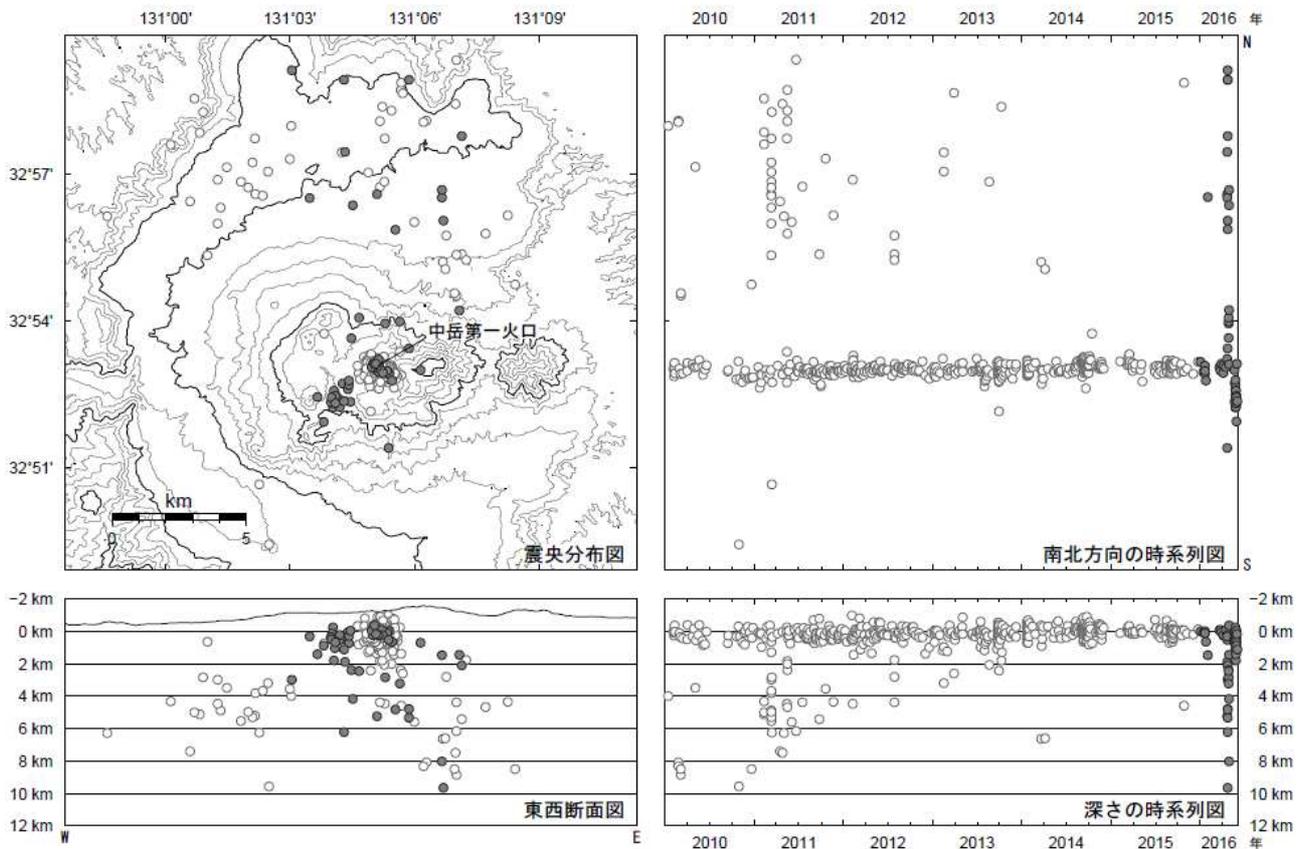


図 18 阿蘇山 一元化による震源分布図 (2000年10月~2016年5月31日)  
 火山の周辺領域で「平成28年(2016年)熊本地震」の一連の地震が発生した。  
 表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものがある。  
 この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図50mメッシュ(標高)』を使用した。



速度構造：火口周辺は半無限速度構造  
 ( $V_p=2.5\text{km/s}$ ,  $V_p/V_s=1.73$ ) その他は成層構造

: 2016年1月1日~2016年5月31日  
 : 2010年1月1日~2015年12月31日

図 19 阿蘇山 震源分布図 (2010 年 1 月 ~ 2016 年 5 月)

<2016 年 1 月 ~ 2016 年 5 月の状況>

火山性地震の震源は主に中岳第一火口直下のごく浅いところに分布した他、第一火口から概ね 5 km 程度の範囲で深さ 1 ~ 5 km にも分布した。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

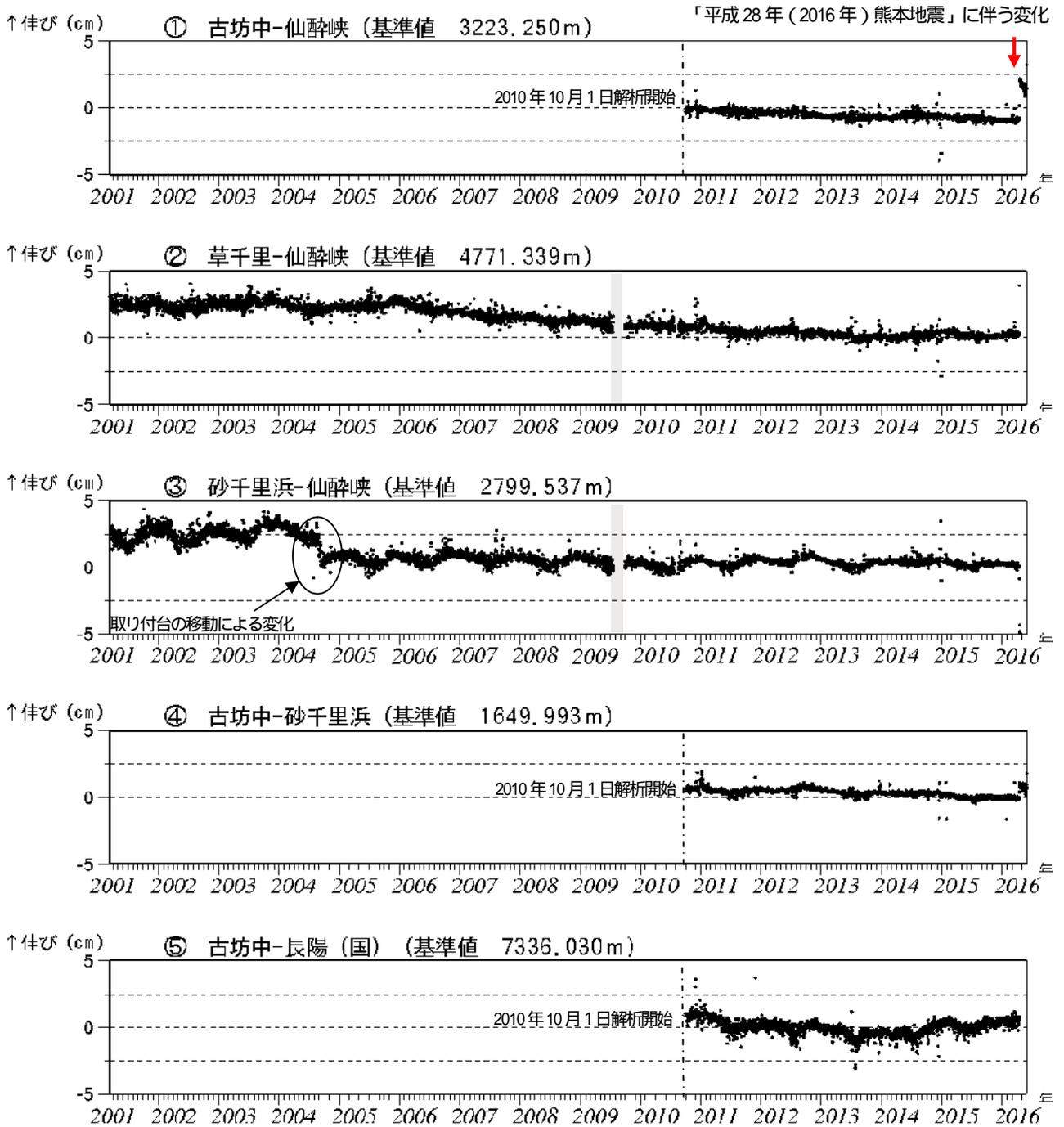


図 20-1 阿蘇山 GNSS 観測による基線長変化 (2001 年 3 月 15 日 ~ 2016 年 5 月)

(国): 国土地理院

深部にマグマだまりがあると考えられている草千里を挟む 古坊中 - 長陽(国)の基線で、2015 年 8 月頃からわずかな伸びの傾向が認められていたが、2015 年 11 月頃から停滞している。「平成 28 年(2016 年)熊本地震」に伴う変動が認められる。

この基線は図 21 の ~ に対応している。

2010 年 10 月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。

灰色部分 (2009 年 7 月 22 日 ~ 9 月 29 日) は仙酔峡観測点障害のため欠測。

仙酔峡観測点と草千里観測点は 2014 年 2 月の機器更新により受信機の位置を変更したが、以前の基準値に合うように調整した。

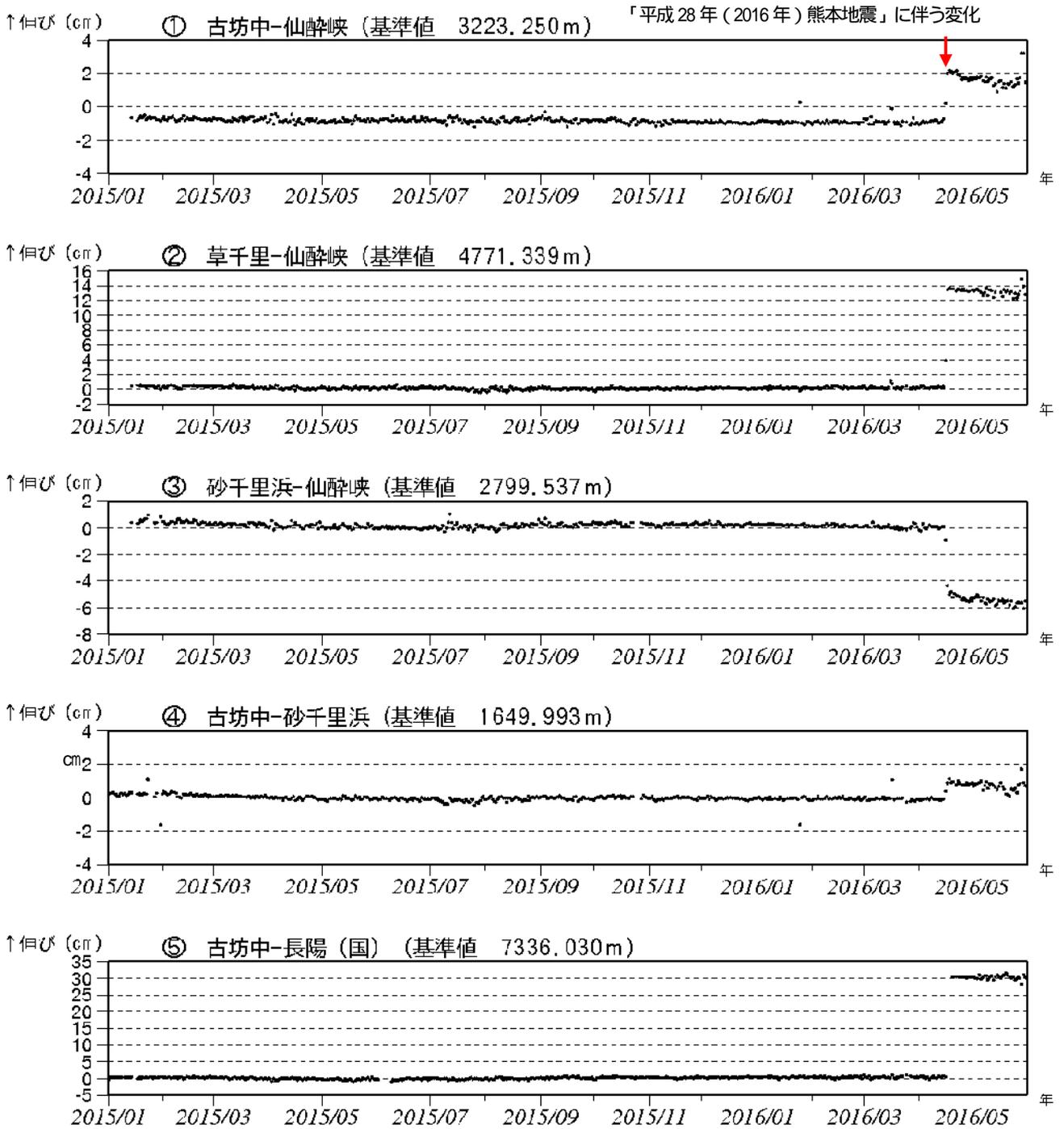


図 20-2 阿蘇山 GNSS 観測による基線長変化 (2015 年 1 月 ~ 2016 年 5 月)  
(国): 国土地理院

これらの基線は図 21 の ~ に対応している。

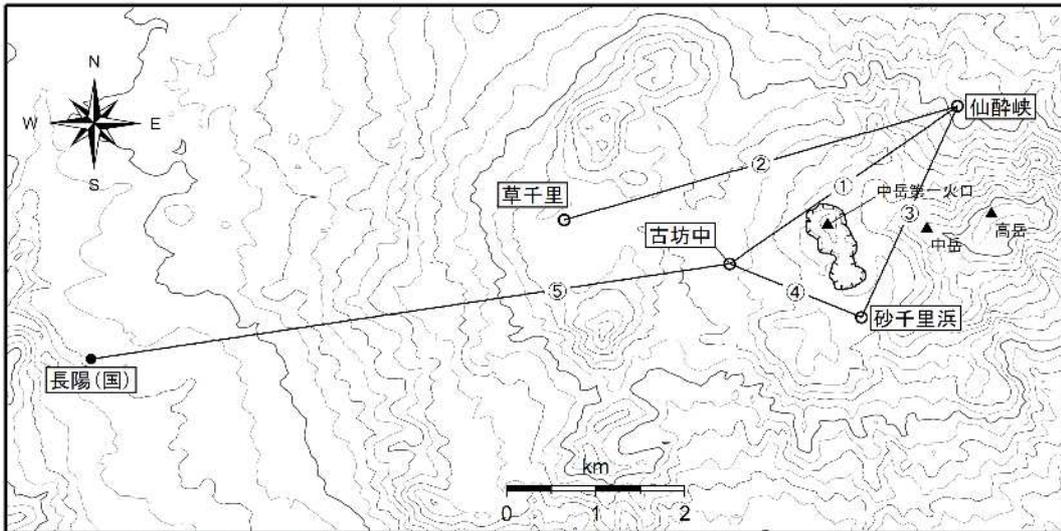


図 21 阿蘇山 GNSS 連続観測点と基線番号

小さな白丸 ( ) は気象庁、小さな黒丸 ( ) は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。  
 (国): 国土地理院  
 この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

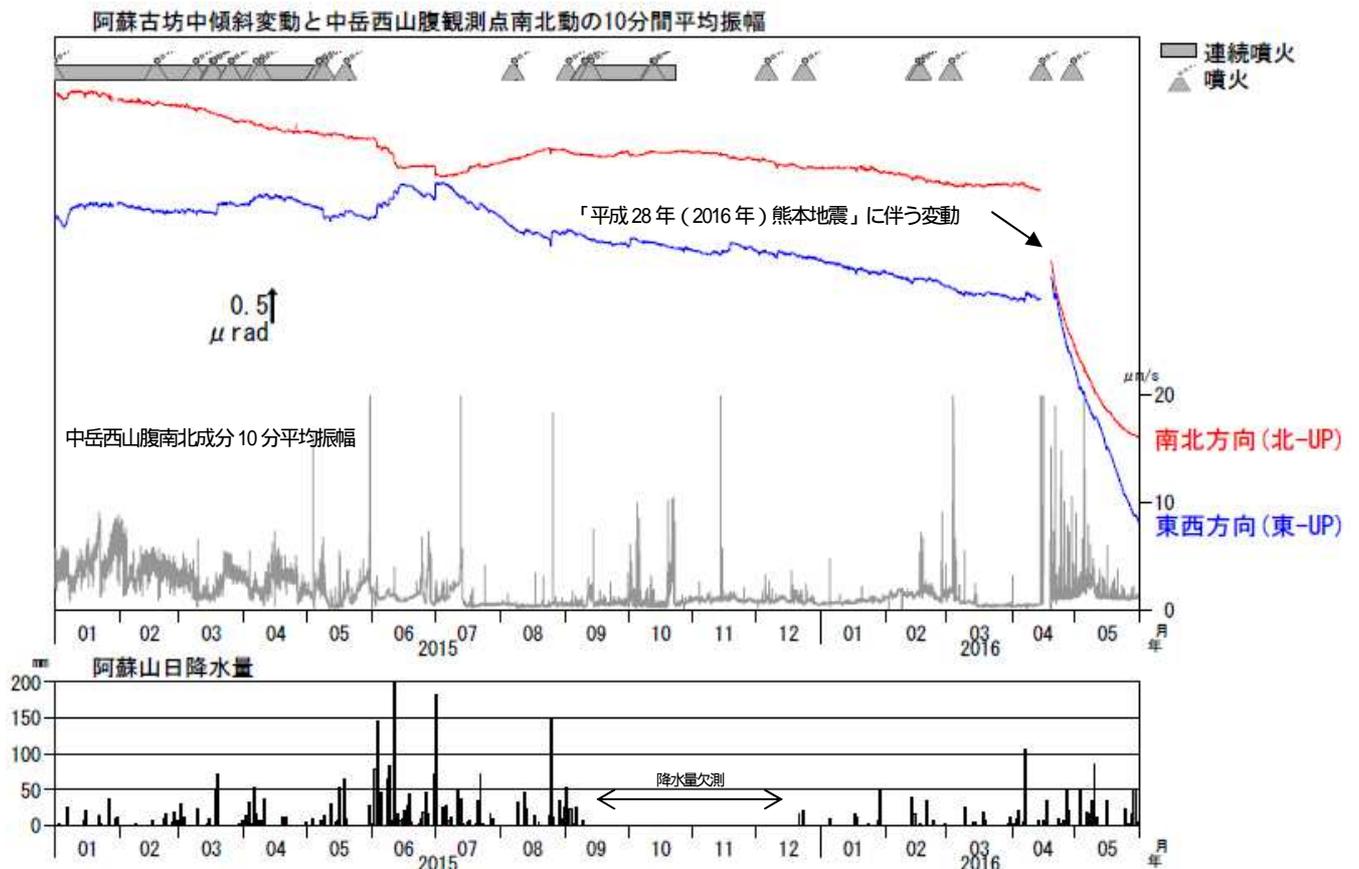


図 22 阿蘇山 傾斜変動 (2015 年 1 月 ~ 2016 年 5 月 20 日、時間値、潮汐補正済み)

傾斜計では、火山活動に起因すると考えられる特段の変動は認められなかった。

阿蘇山の降水量は 2015 年 9 月 14 日から 12 月 16 日まで欠測している。

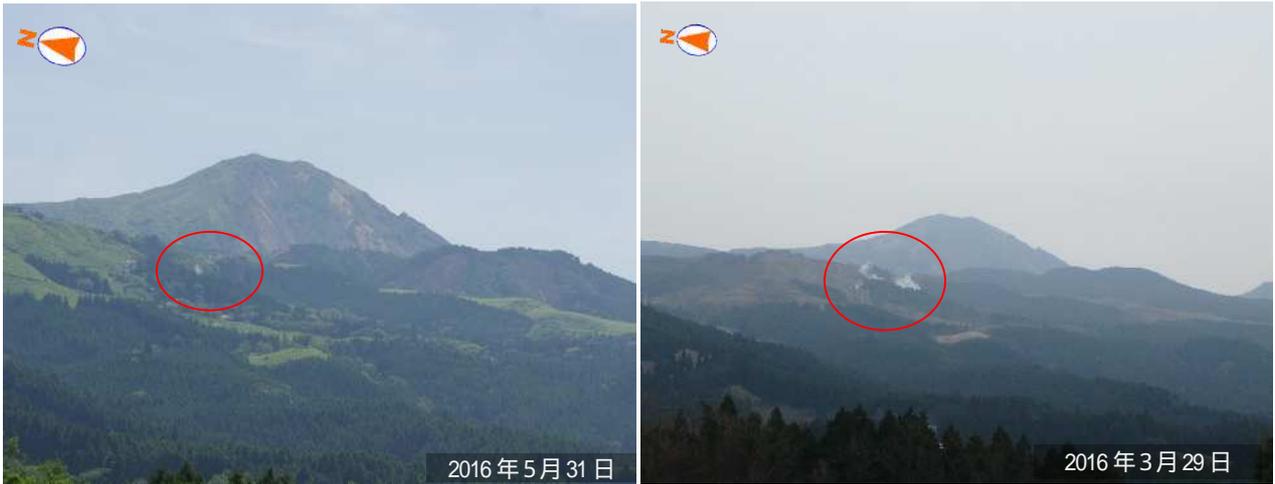


図23-1 阿蘇山 南阿蘇村吉岡の噴気（赤丸内）(南阿蘇村長陽からの遠望観測)

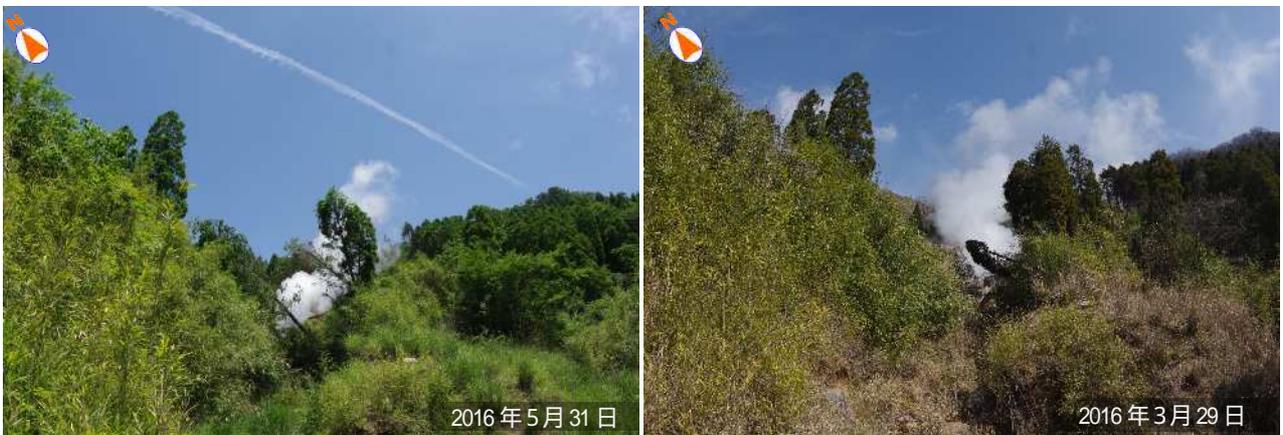


図23-2 阿蘇山 南阿蘇村吉岡噴気地帯の状況（噴気地帯を南側から撮影）

これまでと同様にやや活発な噴気活動が続いていることを確認した。

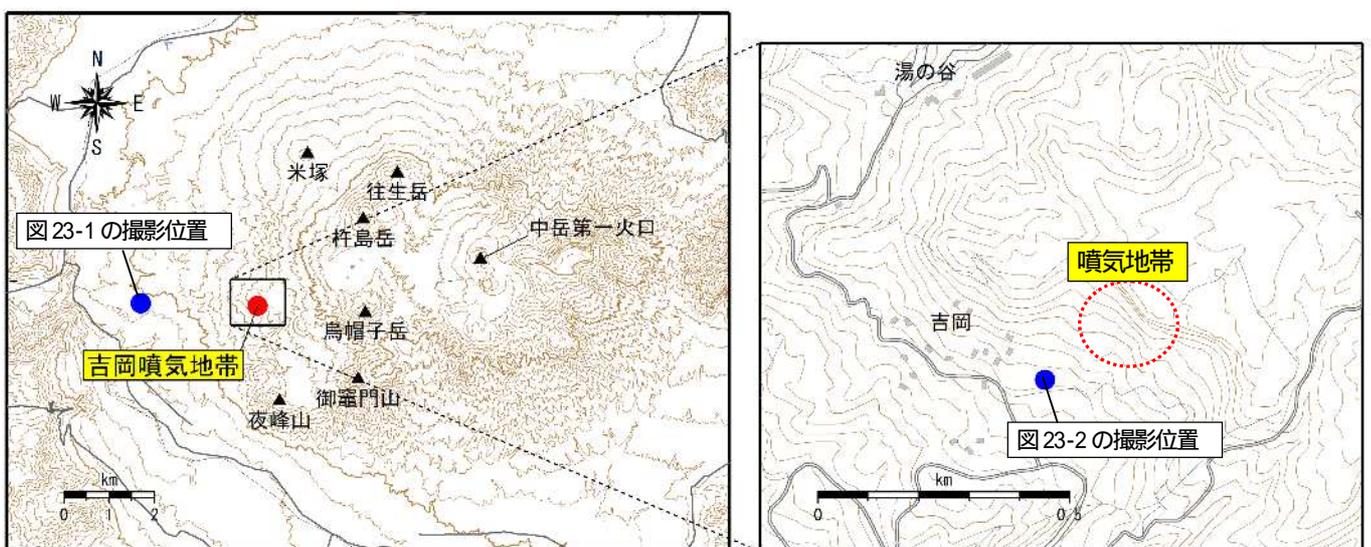


図24 阿蘇山 南阿蘇村吉岡の噴気地帯位置図

この地図の作成には、国土地理院発行の『基盤地図情報』『基盤地図情報（数値標高モデル）』を使用した。

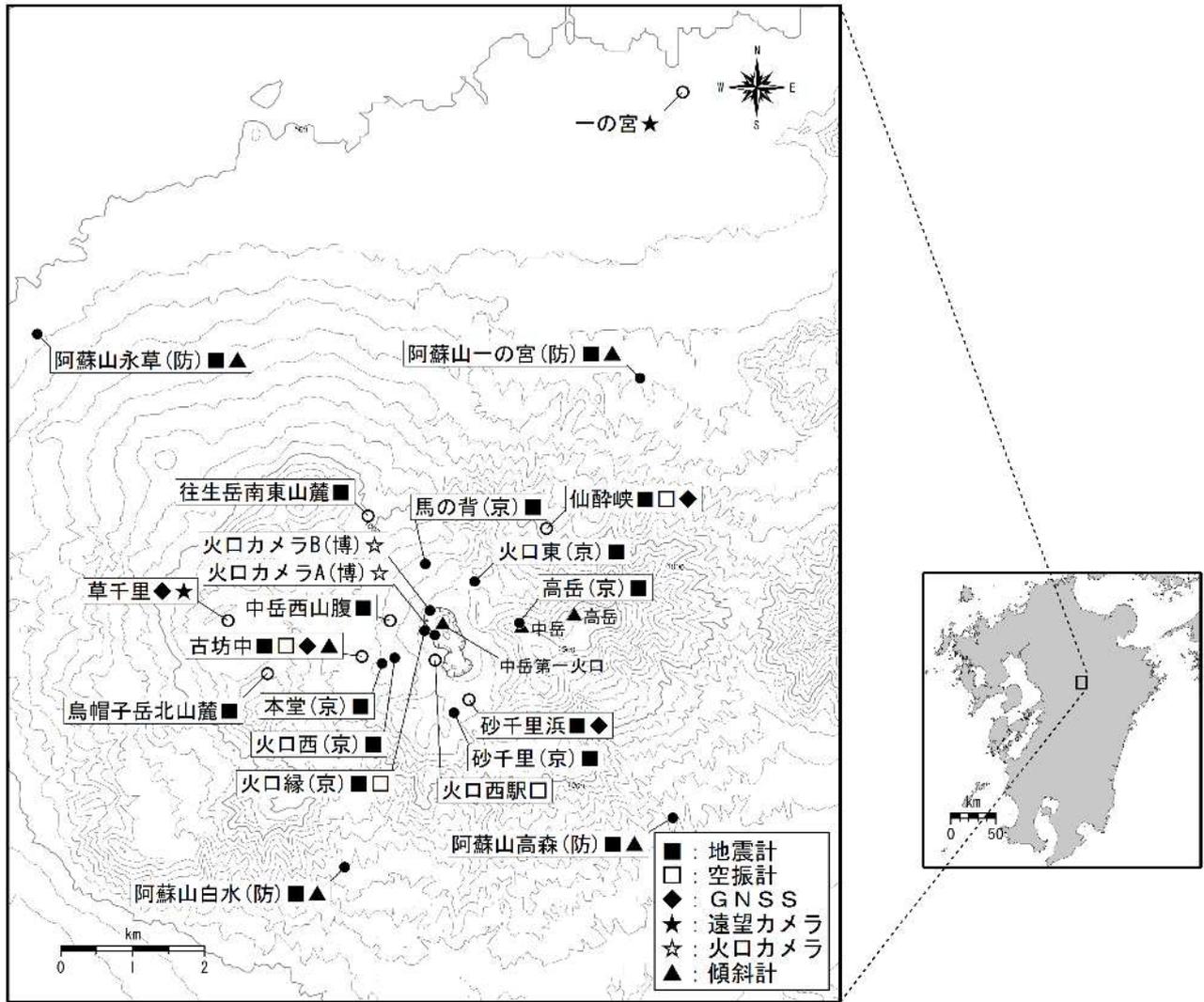


図 25 阿蘇山 観測点配置図

小さな白丸 ( ) は気象庁、小さな黒丸 ( ) は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。  
 (京): 京都大学、(博): 阿蘇火山博物館、(防): 防災科学技術研究所  
 この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

## ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 阿蘇山における SAR 干渉解析結果

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

### 1. 使用データ

表 1 干渉解析に使用したデータ

Path Frame	軌道方向	照射方向	データ 1	データ 2	図番号
130-650	北行	右	2015. 11. 19	2016. 02. 25	図 1 (熊本地震前のペア)
129-650	北行	右	2016. 04. 16	2016. 04. 30	図 2 (熊本地震後のペア)
28-2920	南行	左	2015. 06. 12	2016. 01. 22	図 3 (熊本地震前のペア)
23-2950	南行	右	2015. 11. 30	2016. 03. 07	図 4 (熊本地震前のペア)
			2016. 04. 18	2016. 05. 16	図 5 (熊本地震後のペア)

### 2. 解析結果

平成 28 年 (2016 年) 熊本地震前及び地震後のペアにおいて、中岳第一火口の局所的な変化を除き、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

#### 謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験 (衛星解析グループ) に基づいて、宇宙航空開発機構 (JAXA) にて観測・提供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された RINC を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ (標高) を元にした DEHM を使用した。ここに記して御礼申し上げます。

2015/11/19-2016/02/25

98 days

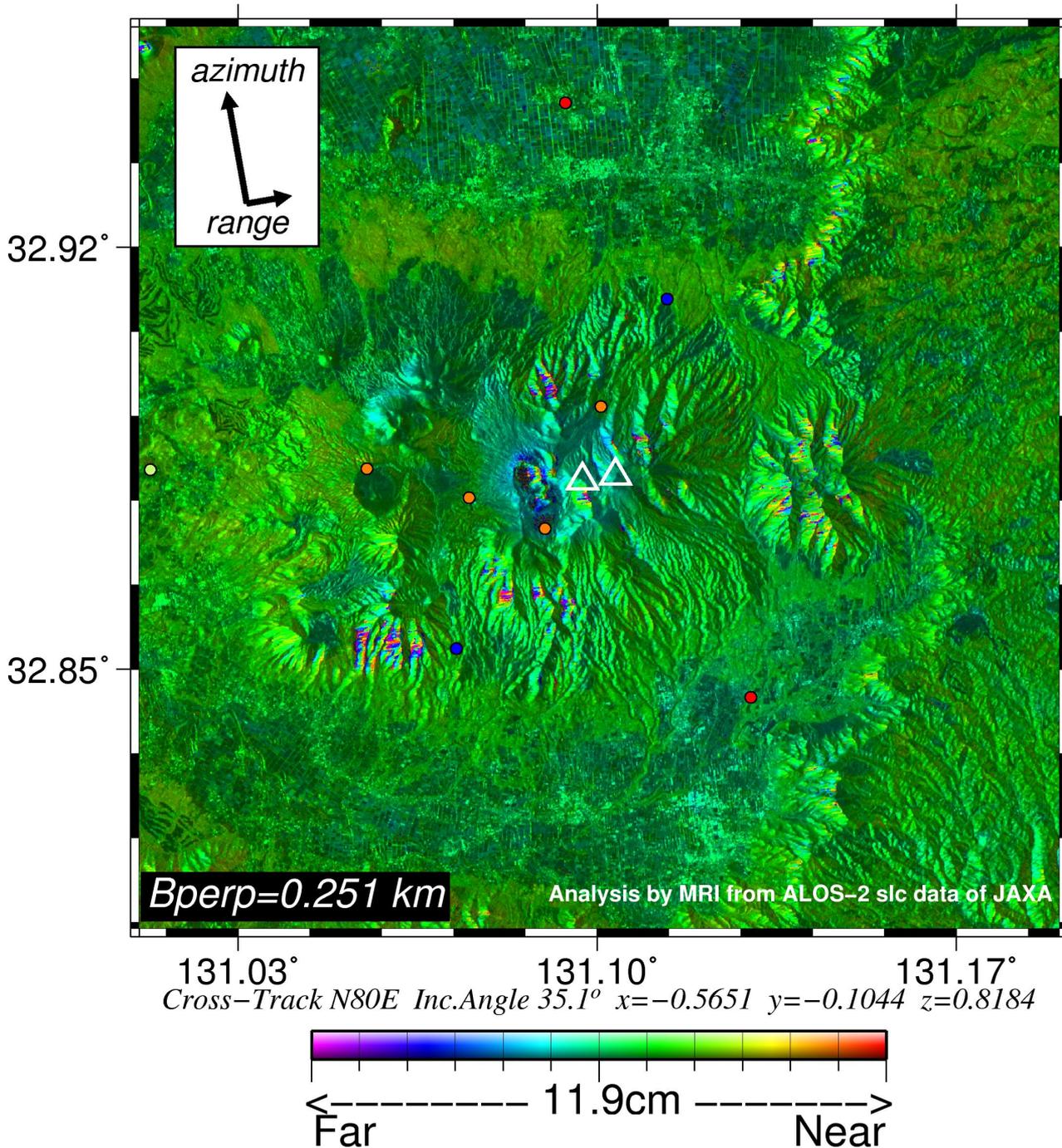
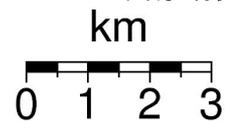


図 1 パス 130-650 の干渉解析結果 (平成 26 年熊本地震前のペア)

図中の丸印は GNSS 観測点 (橙: 気象庁, 赤: 国土地理院, 青: 防災科学技術研究所, 黄: 京都大学火山研究所) を示す。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

2016/04/16-2016/04/30  
14 days

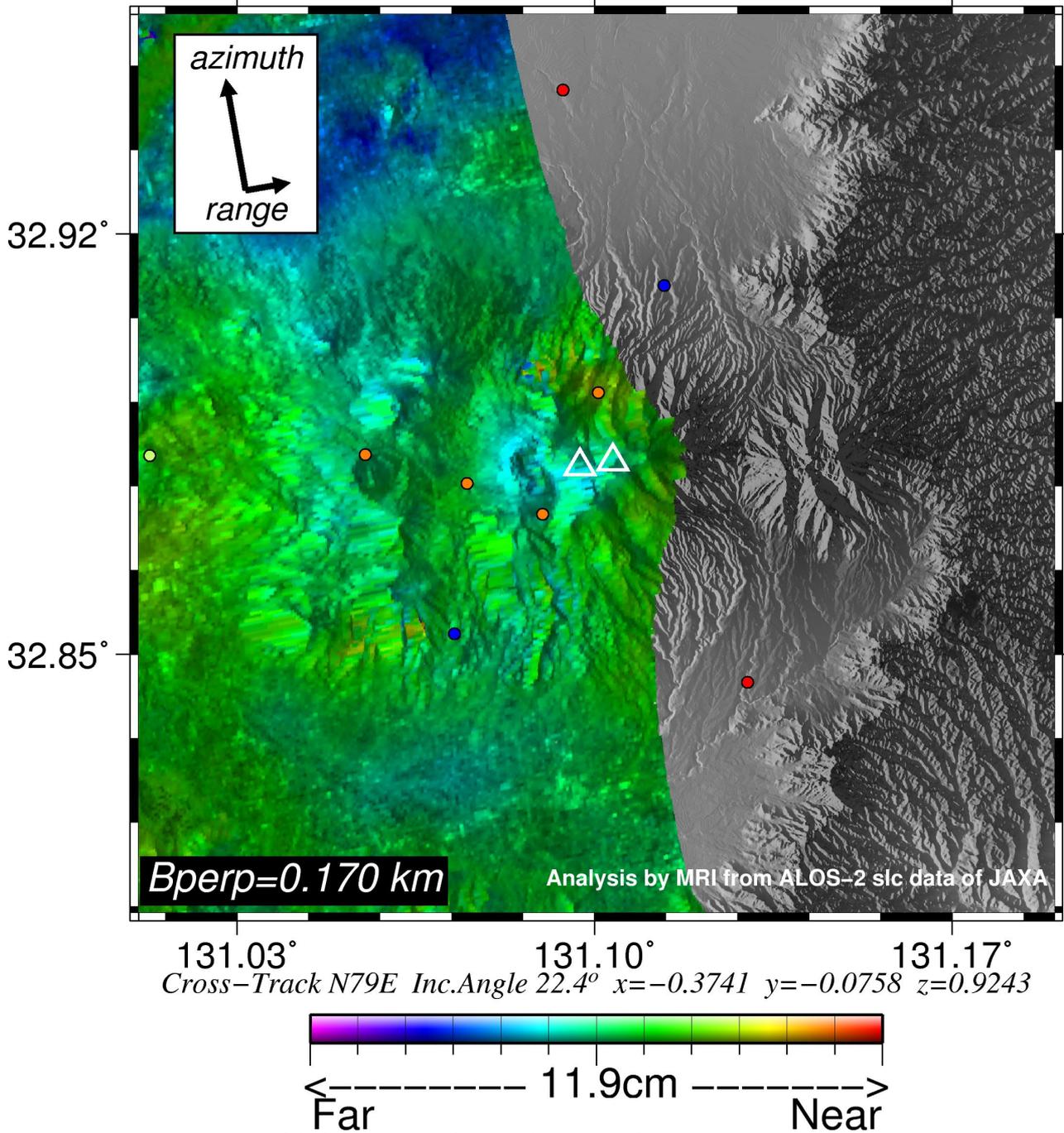
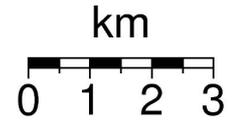


図 2 path129-650 の干渉解析結果 (平成 26 年熊本地震後のペア)

凡例は図 1 に同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない (カルデラ北側に一部検出された衛星視線方向伸張の位相変化は、地震に伴う地盤の液状化による影響と考えられる)。

2015/06/12-2016/01/22

224 days

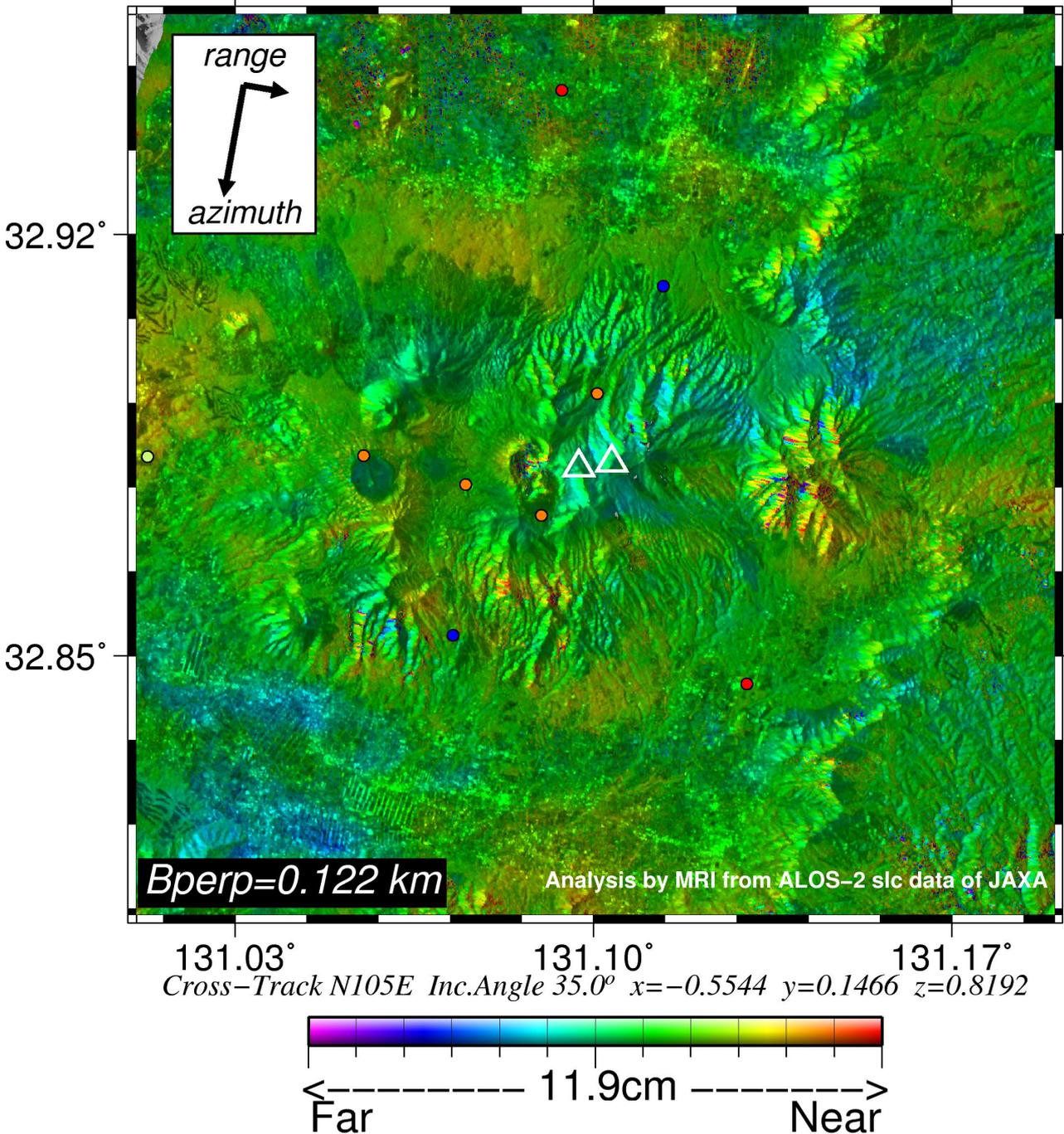
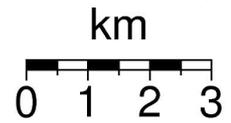


図 3 path28-2920 の干渉解析結果 (平成 26 年熊本地震前のペア)  
凡例は図 1 に同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

2015/11/30-2016/03/07

98 days

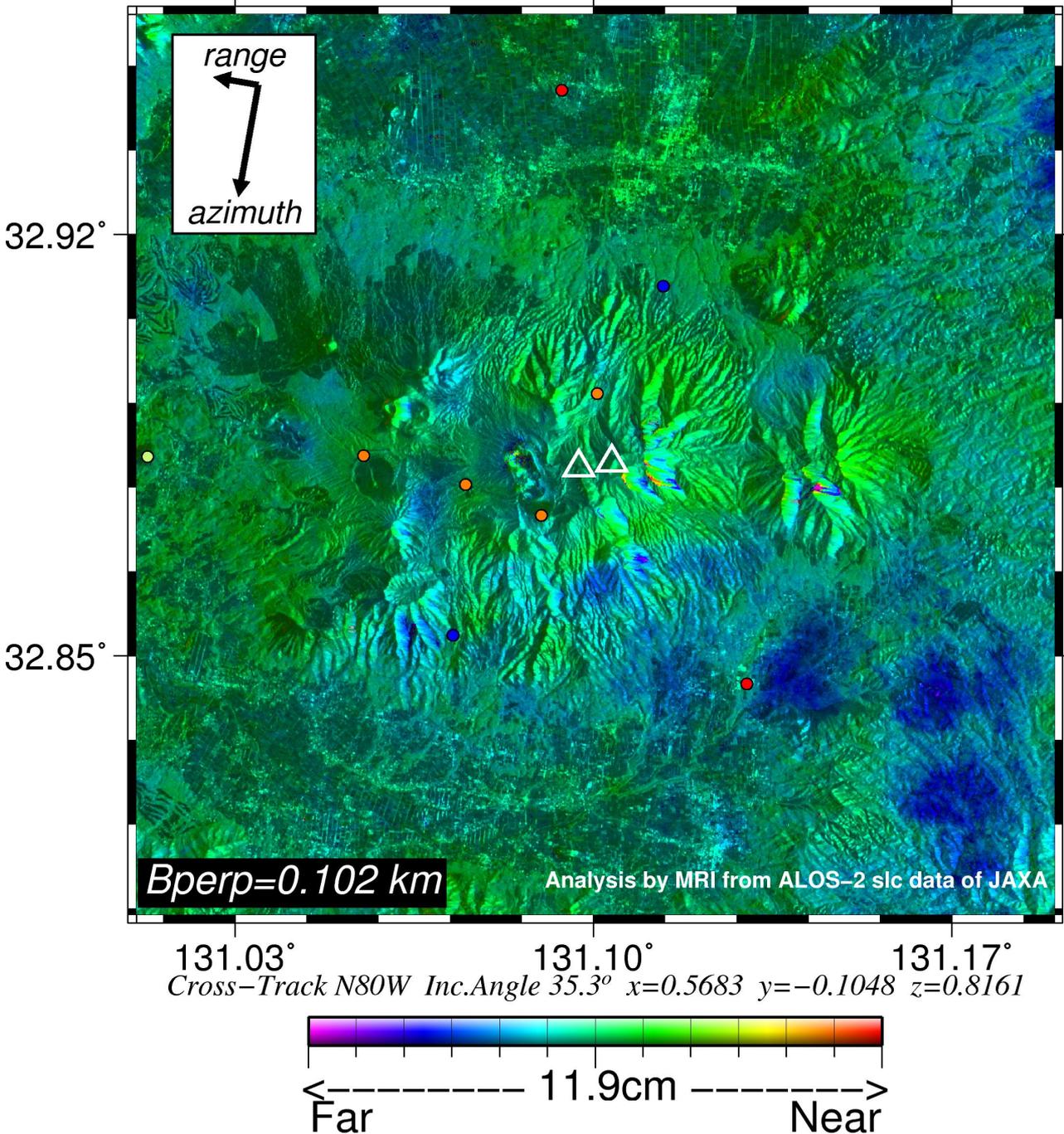
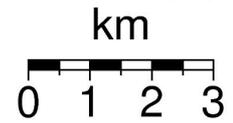


図 4 path23-2950 の干渉画像結果 (平成 26 年熊本地震前のペア)  
凡例は図 1 に同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

2016/04/18–2016/05/16

28 days

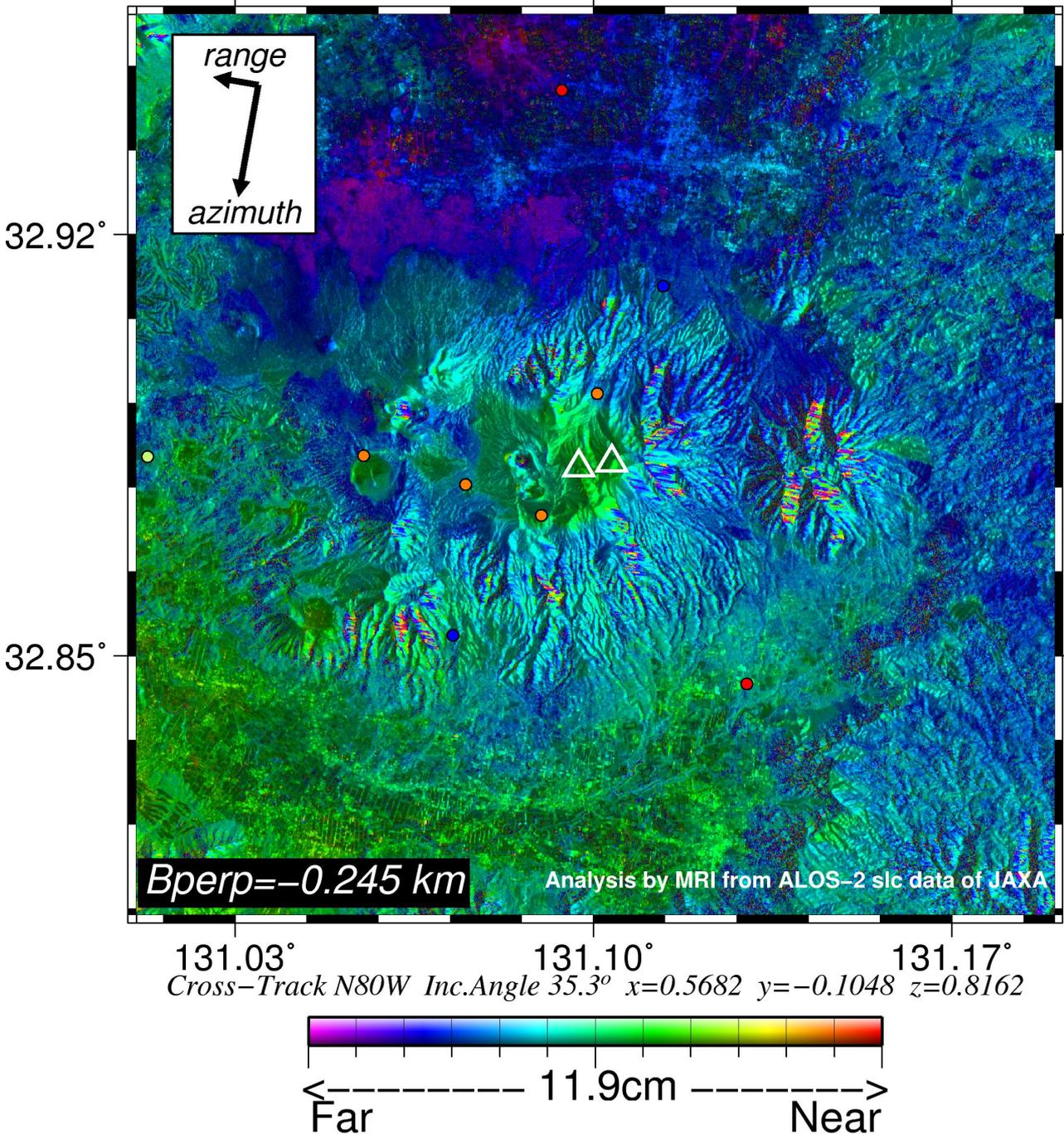
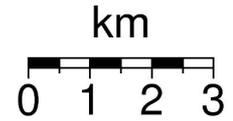
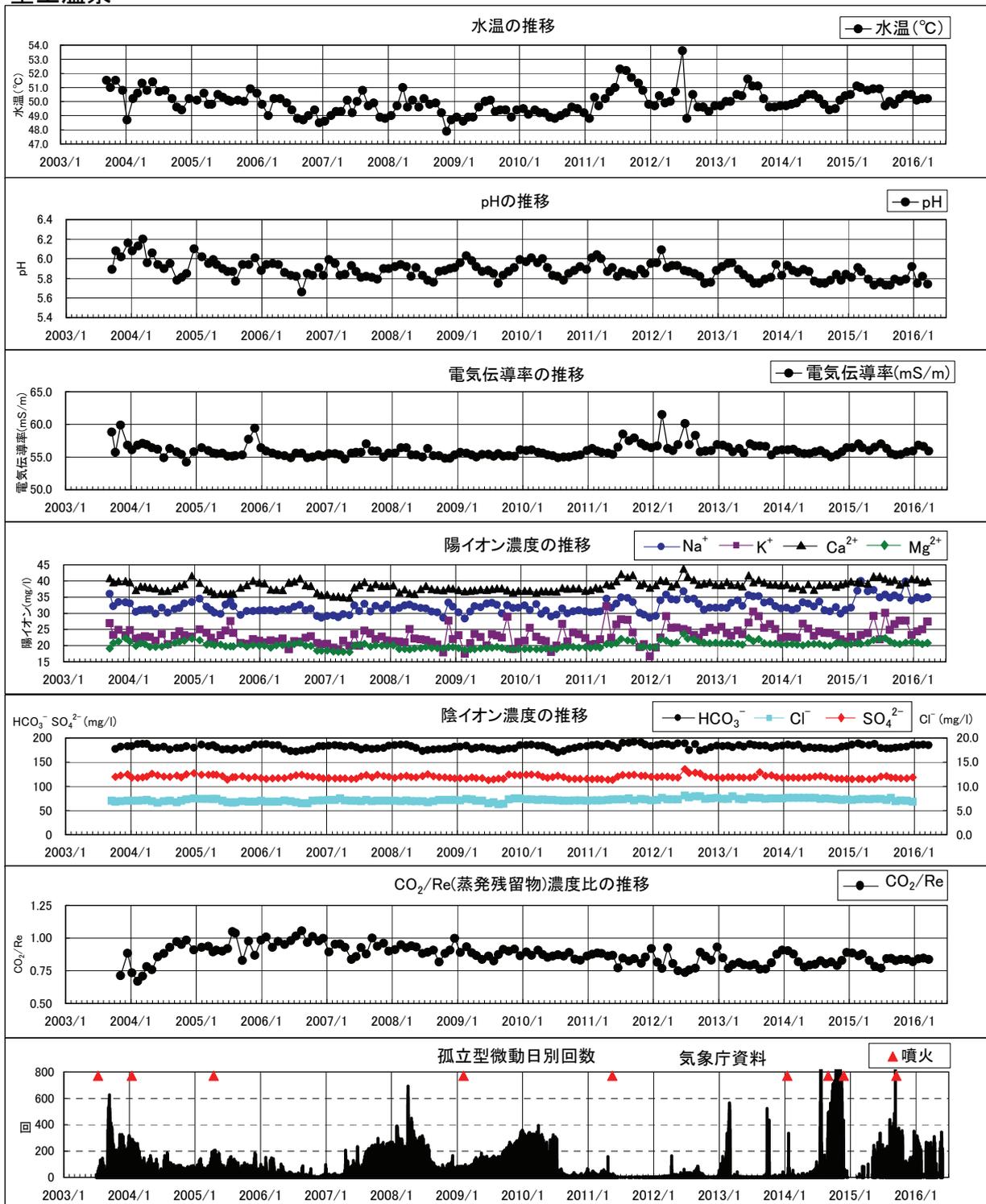


図5 path23-2950 の干渉画像結果（平成 26 年熊本地震後のペア）  
 凡例は図 1 に同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない（カルデラ北側に広く検出された衛星視線方向伸張の位相変化は、地震に伴う地盤の液状化による影響と考えられる）。

# 阿蘇火山における温泉観測

## 垂玉温泉

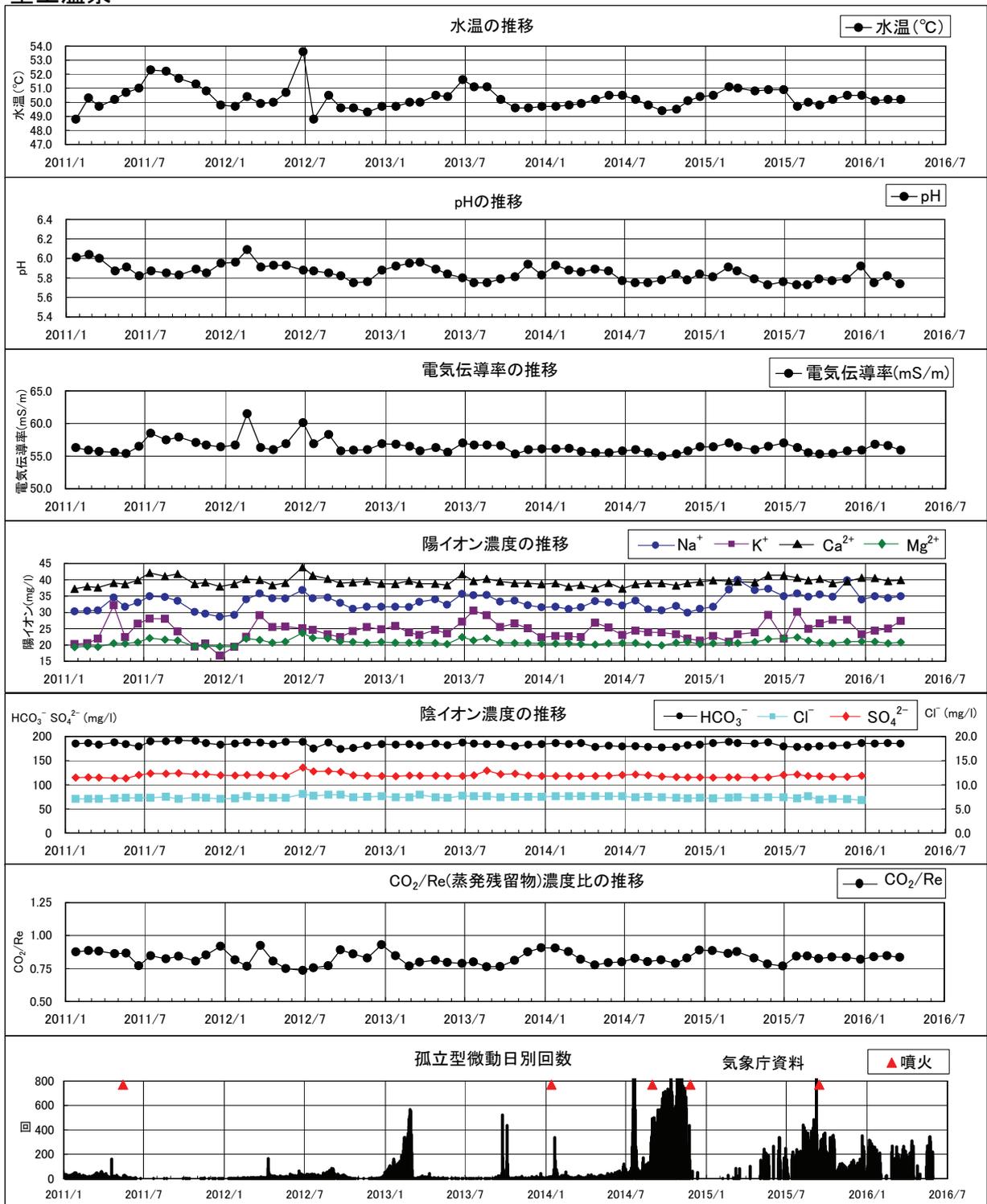


阿蘇垂玉温泉山口旅館(本湯)の水温・pH・電気伝導率・主要化学成分濃度・CO<sub>2</sub>/Re(蒸発残留物)濃度比の推移 (孤立型微動日別回数は気象庁資料 2003年7月～). 源泉は、中岳火口から南西約5kmに位置している。(2016年4月～5月は、熊本地震に伴う欠測)

阿蘇山では、2013年秋頃から、火山活動が高まり、2014年1月以降は、ごく小規模な噴火の発生を経て、11月25日には、マグマ噴火に至り、活発な状態が続いた。2015年6月頃からは、小規模な消長を繰り返しながら、活動はやや停滞している(2016年5月末現在)。

通常月1回の頻度で、定常観測を実施している。水温は2011年2月頃から上昇傾向に転じ、変動はあるものの、やや高い状態で推移し、現在に至っている(2016年3月現在)。

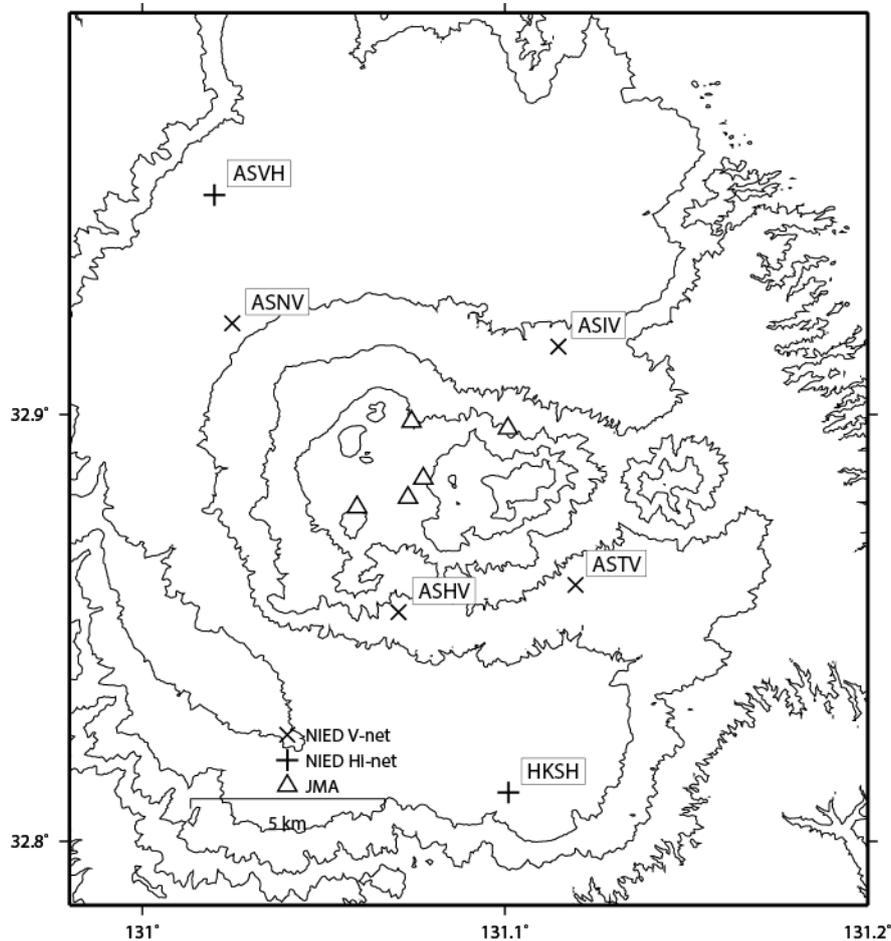
垂玉温泉



阿蘇垂玉温泉山口旅館(本湯)の水温・pH・電気伝導率・主要化学成分濃度・CO<sub>2</sub>/Re(蒸発残留物)濃度比の推移 (孤立型微動日別回数は気象庁資料 2003年7月～)。源泉は、中岳火口から南西約5kmに位置している。(2016年4月～5月は、熊本地震に伴う欠測)

溶存陰イオン類は安定して推移し、顕著な変化は認められない。溶存二酸化炭素相対濃度(二酸化炭素濃度/蒸発残留物濃度)は、2007年以降、漸減傾向を示していたが、2011年末頃からは増減を繰り返している。昨年7月頃からは、ほぼ横ばいの状態が継続している(2016年3月現在)。

## 阿蘇山の火山活動について



この地図の作成にあたっては、国土地理院発行の  
数値地図 50mメッシュ（標高）を使用した。

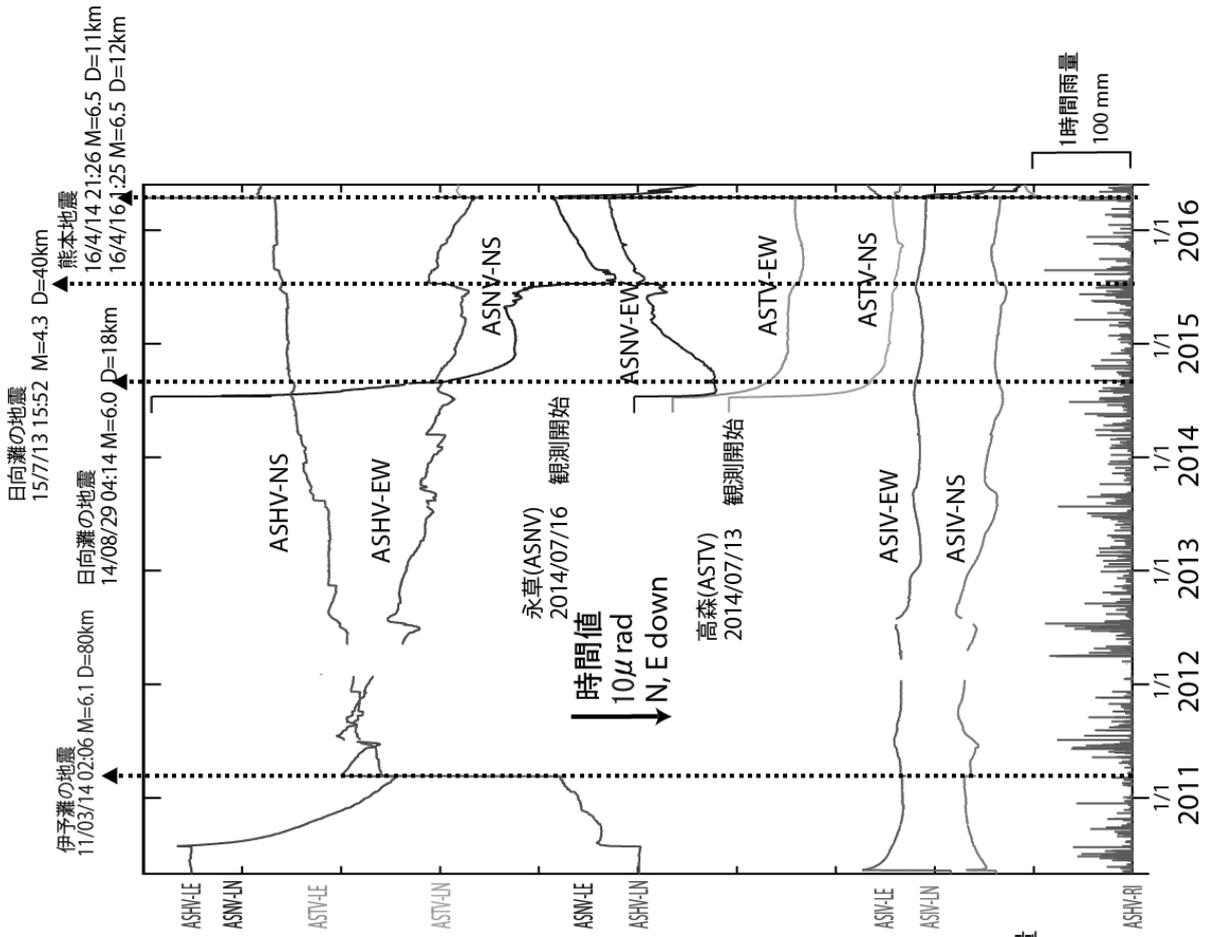
- ASIV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS
- ASHV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS
- ASNV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS
- ASTV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

### 資料概要

#### ○ 地震活動と地殻変動

短周期地震計の平均振幅値は、2014年8月～2015年5月頃まで高い状態に比べ、熊本地震の余震活動の影響も含まれるが低い状態にある（図2、図4）。傾斜計記録においては、平均振幅の変化に対応するような明瞭な変動は認められない（図3）。GNSS観測の基線長変化（図6）では、熊本地震の断層運動によるステップが記録されている。

阿蘇山の傾斜変動 (2010/5/1 ~ 2016/05/25)



阿蘇山の傾斜変動 (2015/09/01 ~ 2016/05/09)

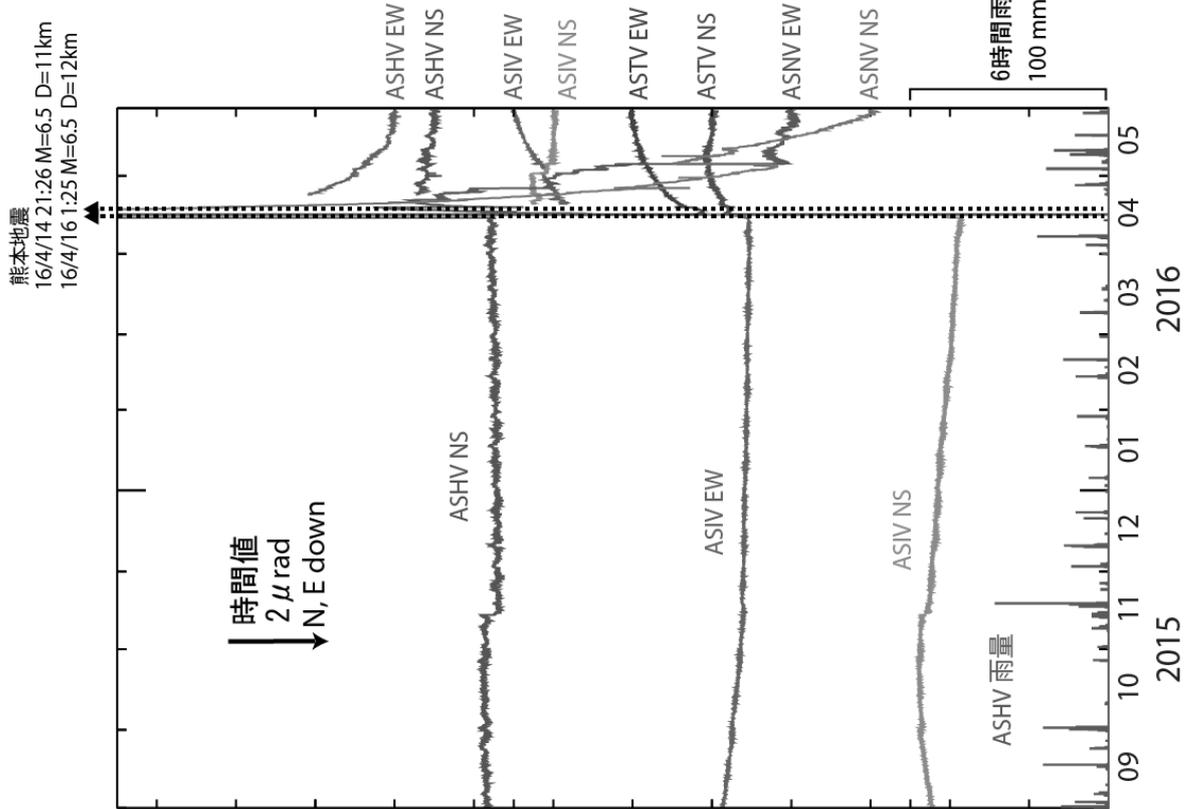


図 1 阿蘇山の傾斜変動

阿蘇山

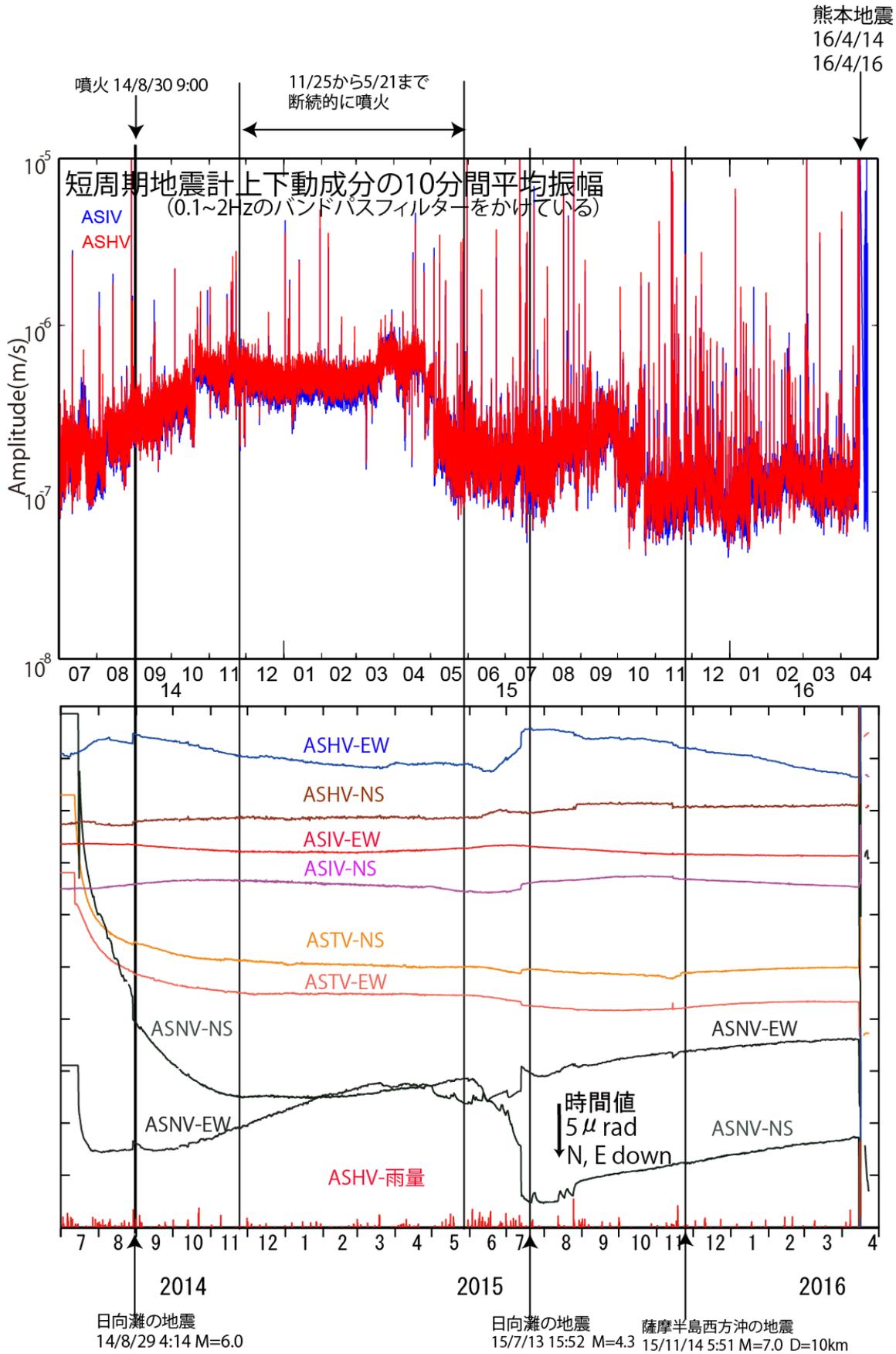


図 2 (上) 阿蘇山一の宮観測点 (ASIV) と白水観測点 (ASHV) の短周期地震計上下動成分の 10 分間平均振幅

図3 (下) 阿蘇山の4観測点の傾斜変動 (1 分値)

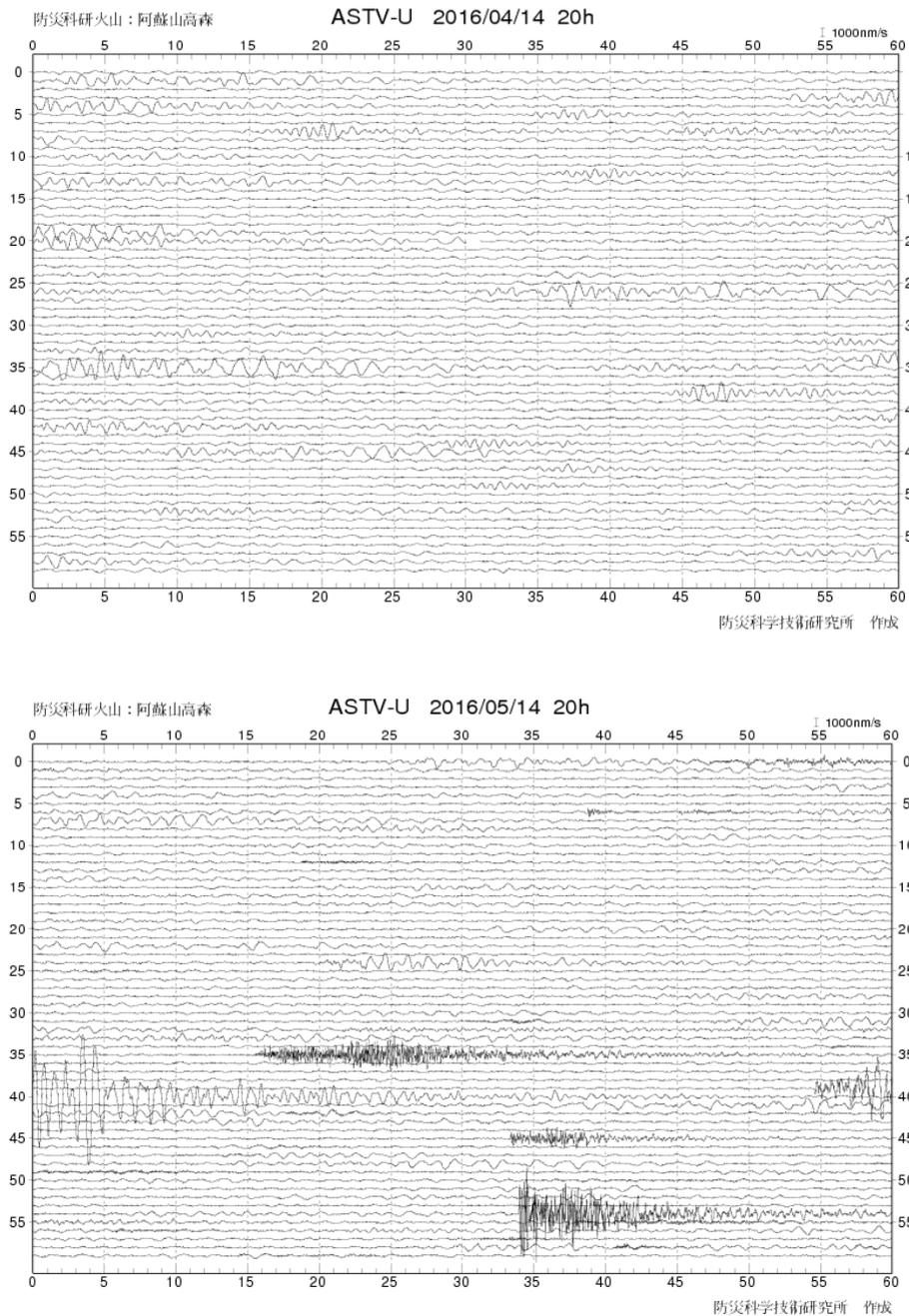
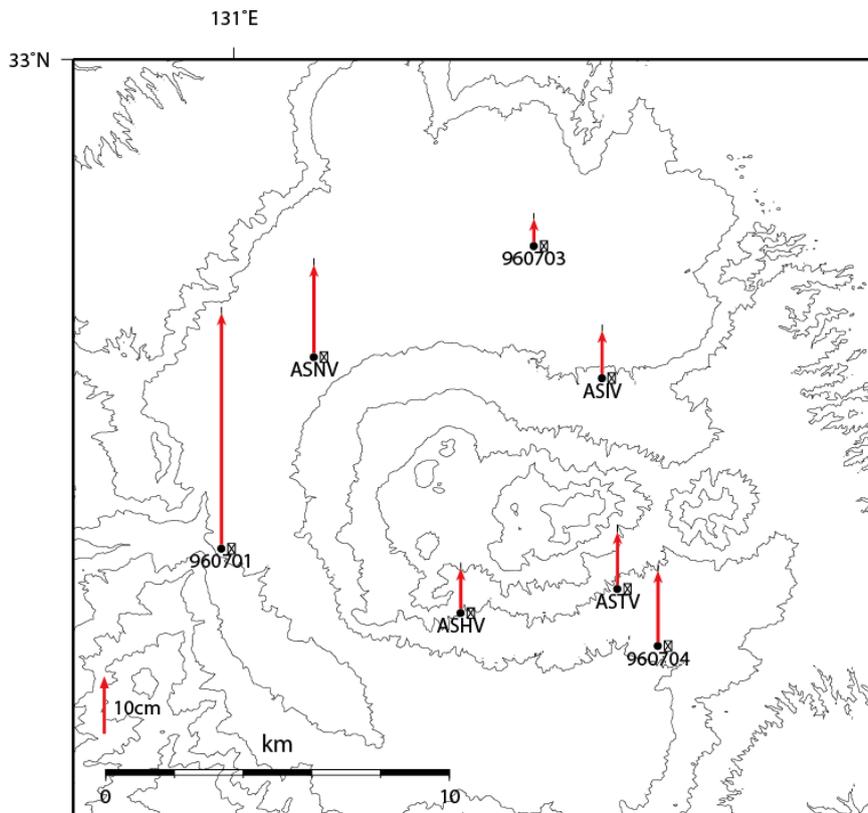
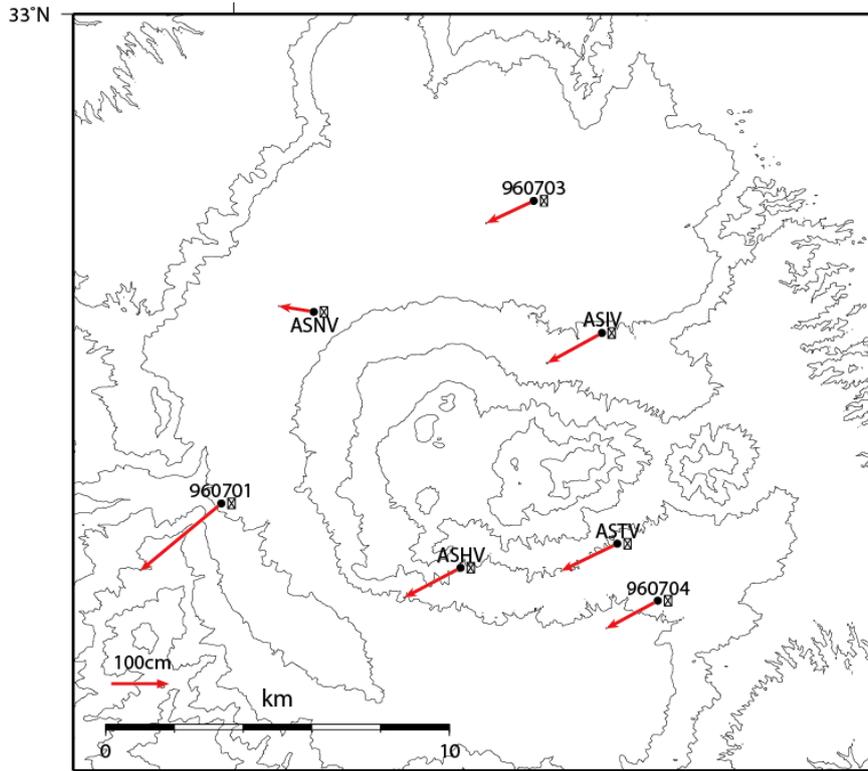


図4 熊本地震前後の1時間連続地震波形（4月14日と5月14日との比較）

4月14日20時と5月14日20時の波形を例にすると、5月14日の記録には、熊本地震に関わる活動も記録されているが、孤立型微動の発生数は4月14日の記録と比べて、顕著に多くない。

防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET で得られた、  
2015 年 12 月 1 日-2016 年 4 月 30 日の地殻変動【熊本 (950465) 固定】



131°E  
図 5. 阿蘇山の GNSS 解析結果.

16/4/14  
熊本地震

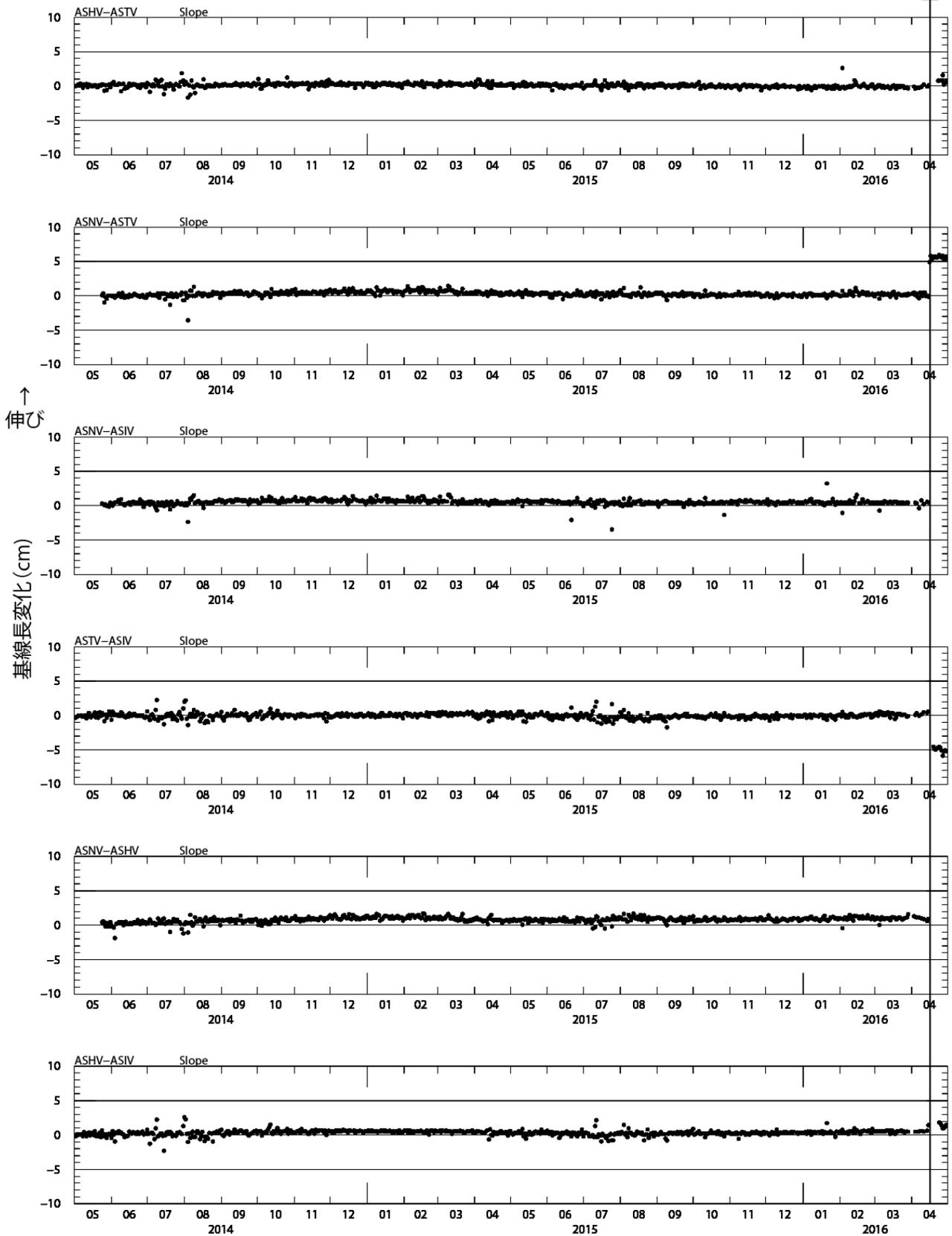


図 6. 防災科研観測点 4 点（白水，一の宮，永草，高森）間の基線長変化。

表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	阿蘇山白水 (ASHV)		2010/4/7	2周波観測開始
			2012/7/16	アンテナ故障
			2012/10/18	新アンテナ設置(GrAnt-G3T)
			2013/2/13	修理済みアンテナに交換、アンテナ台交換作業
			2013/8/1	アンテナ故障
			2013/8/28	新アンテナ設置(RingAnt-DM→GrAnt-G3)
			2013/8/28	アンテナ交換
	阿蘇山一の宮 (ASIV)		2010/4/6	2周波観測開始
			2013/2/13	アンテナ台交換作業
	阿蘇山永草 (ASNV)		2014/5/23	2周波観測開始
	阿蘇山高森 (ASTV)		2014/4/25	2周波観測開始

## SAR 干渉解析による平成 28 年(2016 年)熊本地震に伴う地殻変動 および阿蘇山マグマシステムへの影響の評価

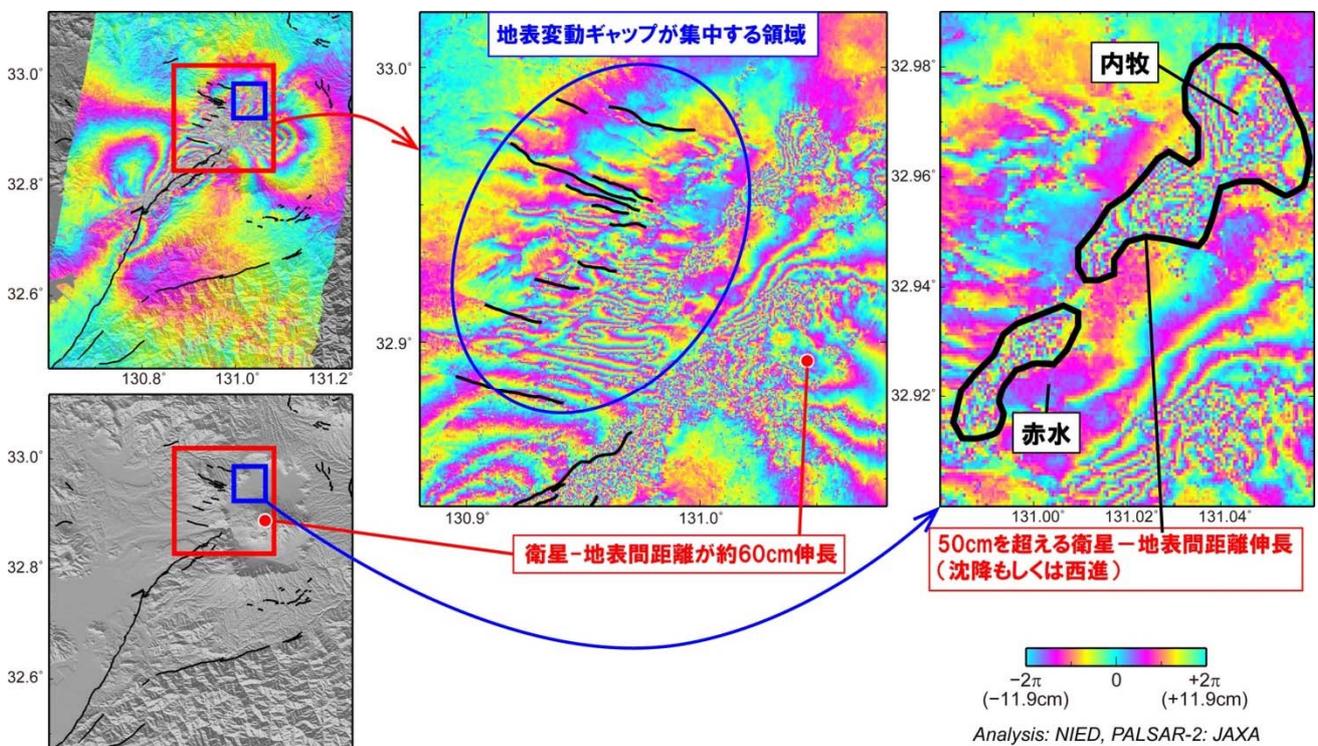
平成 28 年(2016 年)熊本地震に伴う地殻変動を調査するため、陸域観測技術衛星「だいち 2 号」の PALSAR-2 により観測されたデータを用いた SAR 干渉解析を実施した。2016 年 3 月 7 日と 2016 年 4 月 18 日に東上空の軌道から観測されたデータを解析したところ、烏帽子岳の西山腹において衛星-地表間距離(スラントレンジ)が 65cm 程度伸長したことを示す変化が見られた(第 1 図)。また、カルデラ西縁(第 1 図の青線で囲まれる領域)において、地表変動ギャップ(ずれ)が集中する領域が見られた(第 1 図, 第 2 図)。さらに、内牧から赤水にかけて、50cm を超えるような局所的なスラントレンジ伸長変化が見られた(第 1 図)。2016 年 4 月 18 日と 2016 年 5 月 16 日に観測された PALSAR-2 データを解析したところ、余効変動と思われる変化は見られたが、地震発生以降に火山活動に伴うと考えられる顕著な地表変動は見られなかった(第 3 図)。

6 軌道で得られた SAR データを解析して得られた地表変動と GNSS による地表変位を説明する断層モデルを推定した(第 4 図)。阿蘇カルデラ内の断層(第 4 図の F2)は、カルデラ中心部に向かって傾き下がる断層面が求められた。この断層モデルを用い、阿蘇山周辺にかかる応力場変化を計算した。この計算においては、中岳西方(草千里)の地下 6km に位置する半径 3km のマグマだまりを仮定した。その結果、以下の結果が得られた。

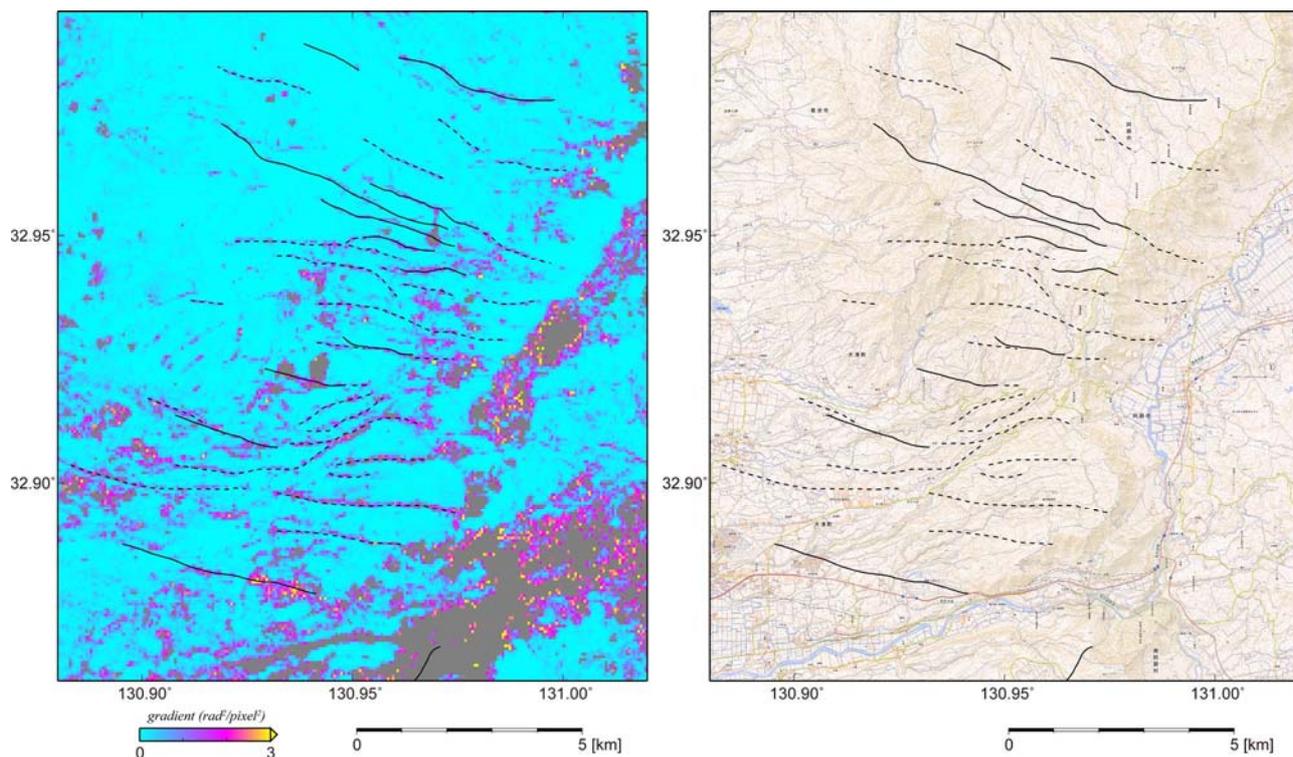
- マグマたまりの表面にかかる応力変化(最大主応力)は、断層面に最も近い西側で約 15MPa(第 5 図)
- この部分で南西向きの張力がかかっている
- この部分でマグマたまり上面では 30 cm 程度の沈降、西側が 70cm 程度南西へ移動(第 6,7,8 図)
- 球から横長の楕円状に変形しているが、変形量は半径(3km)の 0.02% 程度

断層モデルの推定においては、同位置に球状圧力源を設定し、 $9.5 \times 10^6 \text{m}^3$  の収縮が求められたが、それはマグマだまりの変形によって生じた地表の沈降を説明するために得られた値である可能性が考えられる。

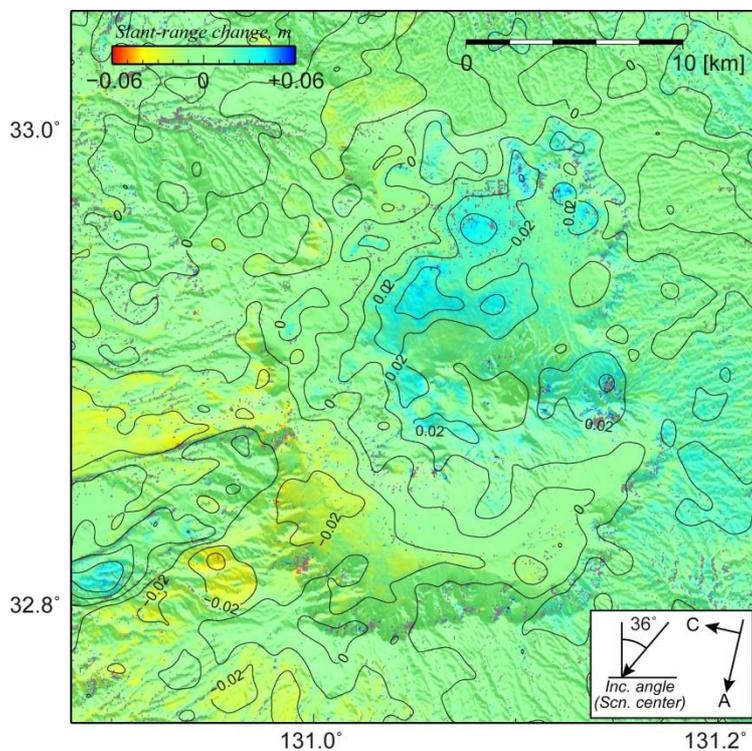
**謝辞。** 本解析で使用した PALSAR-2 データは、東京大学地震研究所と宇宙航空研究開発機構(JAXA)の共同研究契約に基づいて提供されたものであり、特定共同研究(B) 2015-B-02 の参加者で共有しているデータである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA が有する。本解析においては、国土地理院の GEONET データおよび数値標高モデル(10m メッシュ)を使用した。



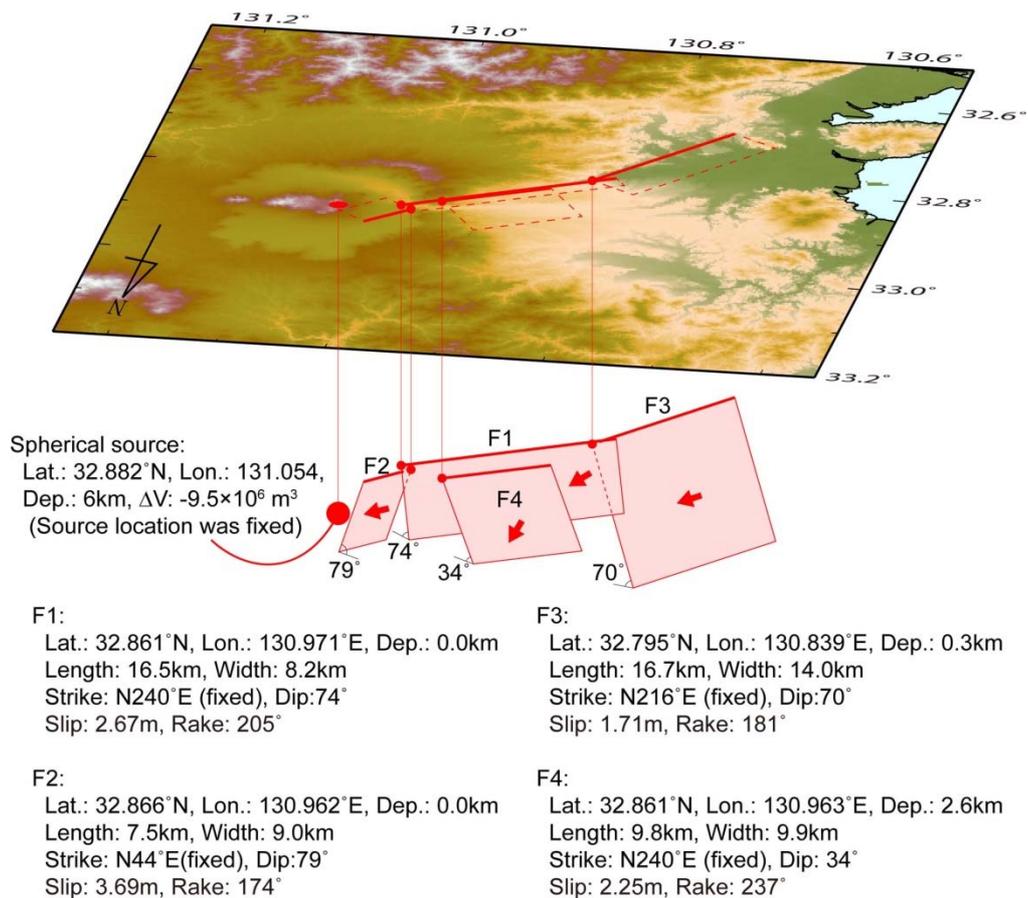
第 1 図. 2016 年 3 月 7 日と 2016 年 4 月 18 日に観測された PALSAR-2 データを解析して得られた干渉画像。



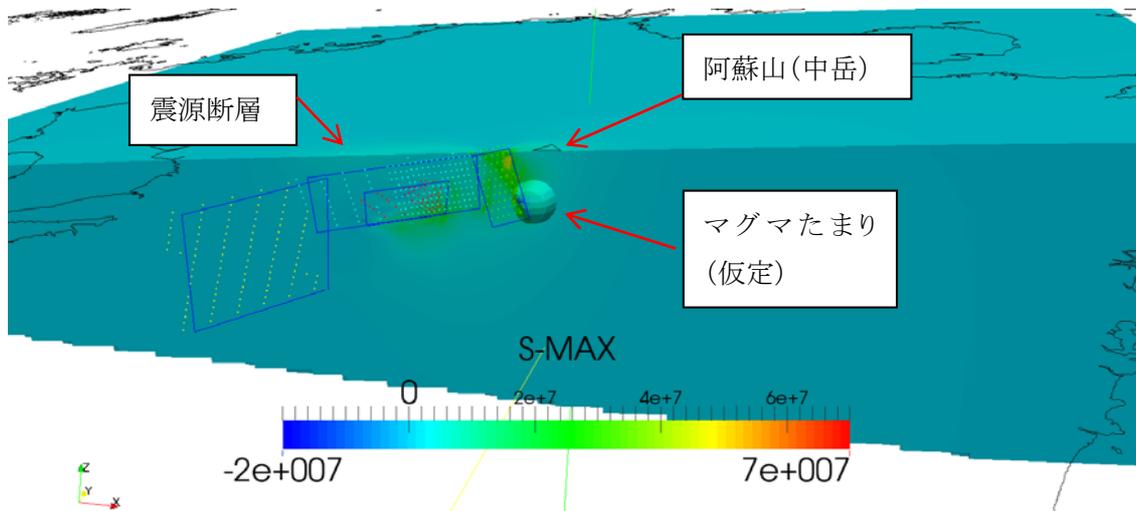
第 2 図. Phase gradient 法(Sandwell and Price, 1998)を適用して得られたスラントレンジ変化勾配の分布. 実線は活断層詳細デジタルマップ(中田・今泉, 2002)による断層. 破線は, それ以外にスラントレンジの急勾配のリニアメントが判読された位置を示す.



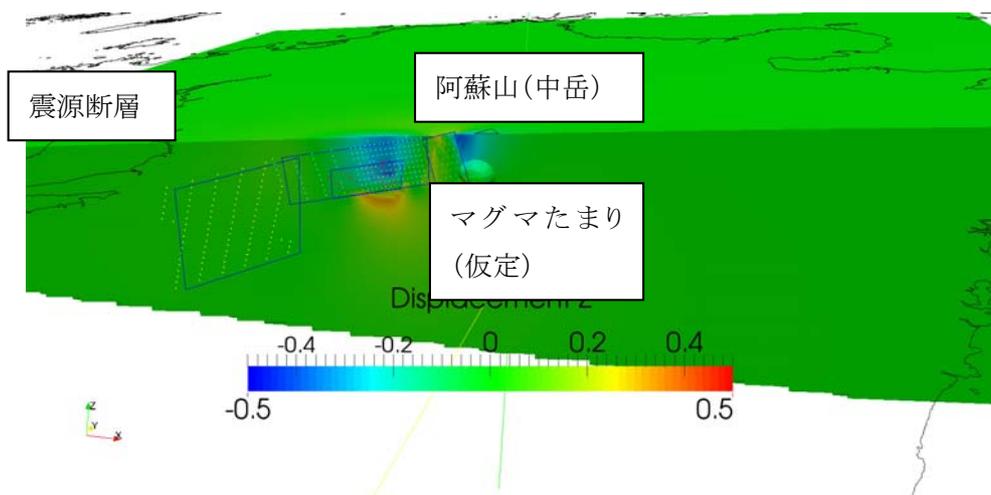
第 3 図. 2016 年 4 月 18 日と 2016 年 5 月 16 日に観測された PALSAR-2 データを解析して得られたスラントレンジ変化分布



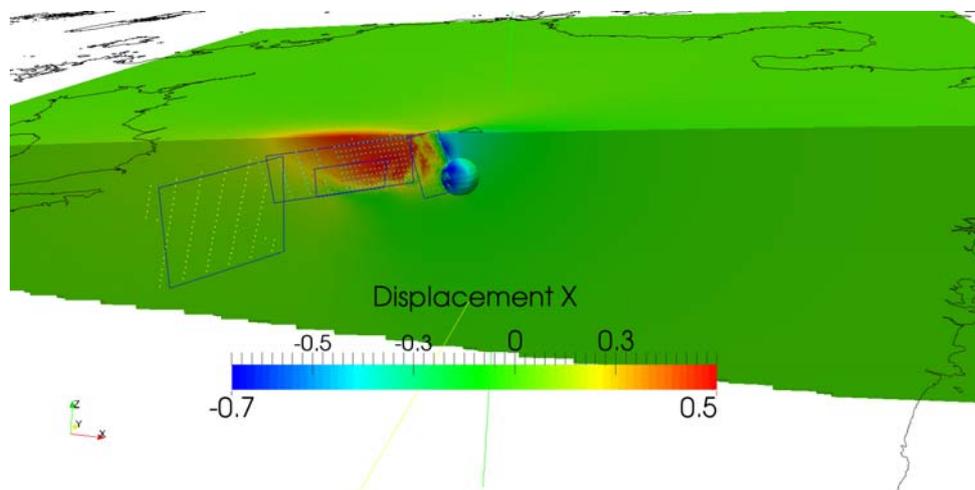
第 4 図. 推定した断層モデル.



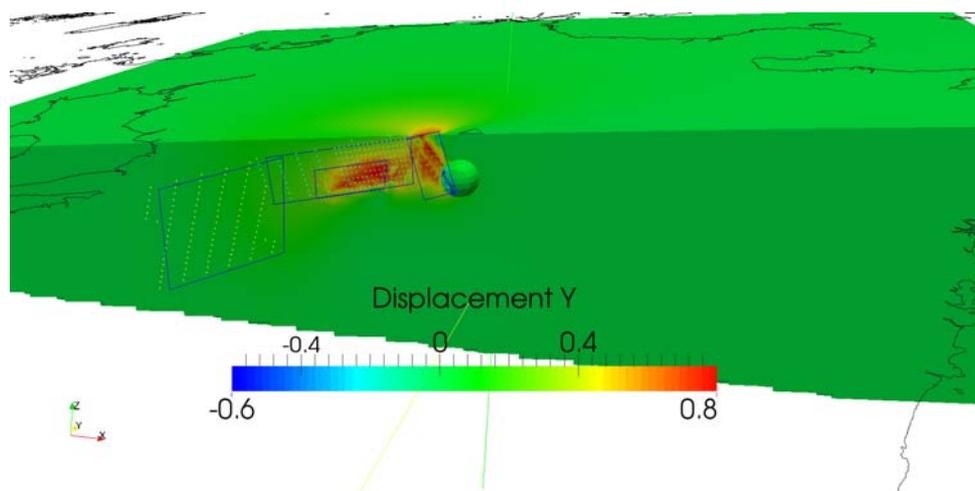
第 5 図. 阿蘇山マグマたまり付近の最大主応力変化(単位:Pa)



第 6 図. 阿蘇山マグマたまり付近の上下動変位 (単位:m)



第 7 図. 阿蘇山マグマたまり付近の東西動変位 (単位:m)



第 8 図. 阿蘇山マグマたまり付近の南北動変位 (単位:m)

## 阿蘇山にて 2016 年 4 月下旬～5 月中旬にかけて堆積した火山灰について

阿蘇山の防災科研 V-net 観測点 4 ヶ所の敷地内に火山灰トラップ設置し火山灰を採取した。堆積量は最大 3.2g/m<sup>2</sup> と微量であった。構成粒子には黒色不透明な火山岩片や淡褐色火山ガラス片が多く含まれており、2014 年 11 月末～2016 年 4 月に噴出した中岳火口の噴出物と類似している。

### ○試料採集期間

タッパーウェア型の火山灰トラップの設置期間は一の宮・白水・高森観測点では 2016 年 4 月 21 日から 2016 年 5 月 13 日ないし 14 日の約 3 週間、永草観測点のみ 4 月 27 日から 2016 年 5 月 13 日の約 2 週間である。この間に中岳火口からは連続的に白色噴煙が放出されており、5 月 1 日早朝には気象庁より噴火の火山観測報が出されている。

### ○堆積量

堆積物は中粒～細粒砂状であり、植物片や虫なども混入していた。また、各トラップには雨水もたまっており、溢流時に細粒粒子の一部が失われた可能性がある。混入物をなるべく取り除いた堆積物の 1 m<sup>2</sup> あたりの堆積量を図 1 に示すが、前述の理由により概略を示すものである。火口北東側の一の宮と南東側の高森で堆積量が多く約 2～3g/m<sup>2</sup> であった。これは両地点における 2014 年 12 月～2016 年 4 月中旬までの期間の火山灰トラップ堆積量の 1/1000 以下である。

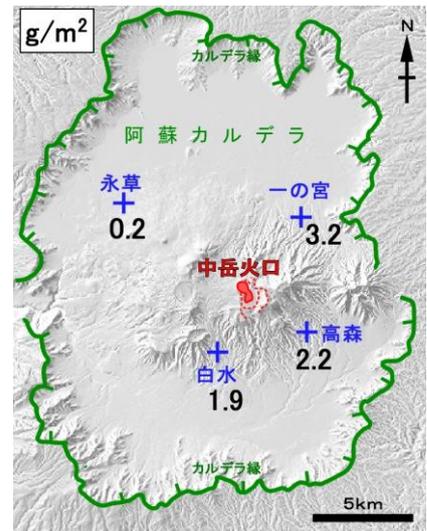


図 1 各地点での堆積量

### ○ 堆積物構成粒子の特徴

堆積物のうち 250–500 μm の大きさの粒子について超音波洗浄し実体顕微鏡観察をおこなった。火口より東側の一の宮・高森観測点ではスコリア状ないし多面体状の黒色不透明な火山岩片、スコリア状の淡褐色火山ガラス片や熱水変質岩片、斜長石鉱物片などが主体であり(図 2a)、2014 年 11 月以降の噴火活動で放出された火山灰と類似している。火口より西側の白水・永草観測点では上記の粒子のほかに円磨された緑色や白色の異質岩片、長石類などの鉱物片が多く認められる(図 2b)。

一の宮・高森観測点は中岳火口の風下になることが多いので、噴煙から降下した火山灰もしくは火口周辺から二次的に移動した最近の火山灰粒子が多く堆積したと考えられる。風上側となる白水・永草観測点では阿蘇火山外から飛来した粒子が相対的に多くの割合を占めたものと考えられる。

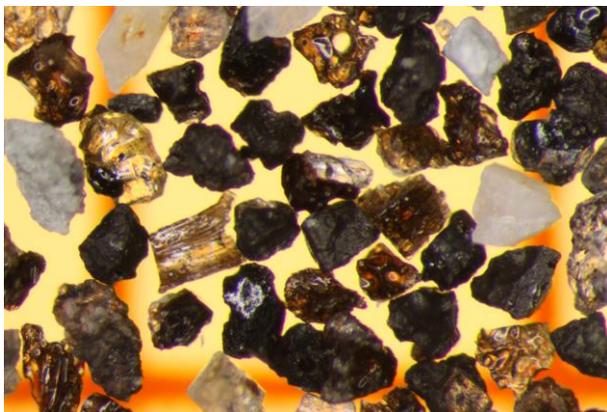


図 2a 一の宮観測点の堆積物の実体顕微鏡写真  
それぞれの写真の横幅は約 3mm.

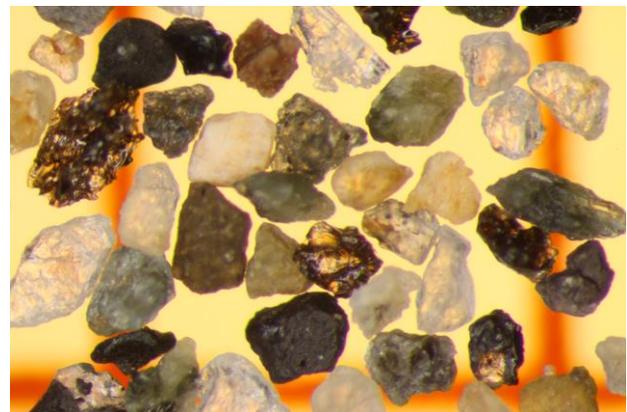


図 2b 白水観測点の堆積物の実体顕微鏡写真

航空機 SAR(Pi-SAR2)による阿蘇山観測結果  
(2016年4月17日と2015年12月5日の比較)

平成 28 年 4 月 17 日午前 8 時ころ、熊本地震本震後の熊本阿蘇地方の航空機 SAR 観測を実施した。この観測の中の阿蘇山中岳付近の画像と平成 27 年 12 月 5 日に観測した (第 134 回で報告) 画像とを比較したが、大きな変化は見られなかった。

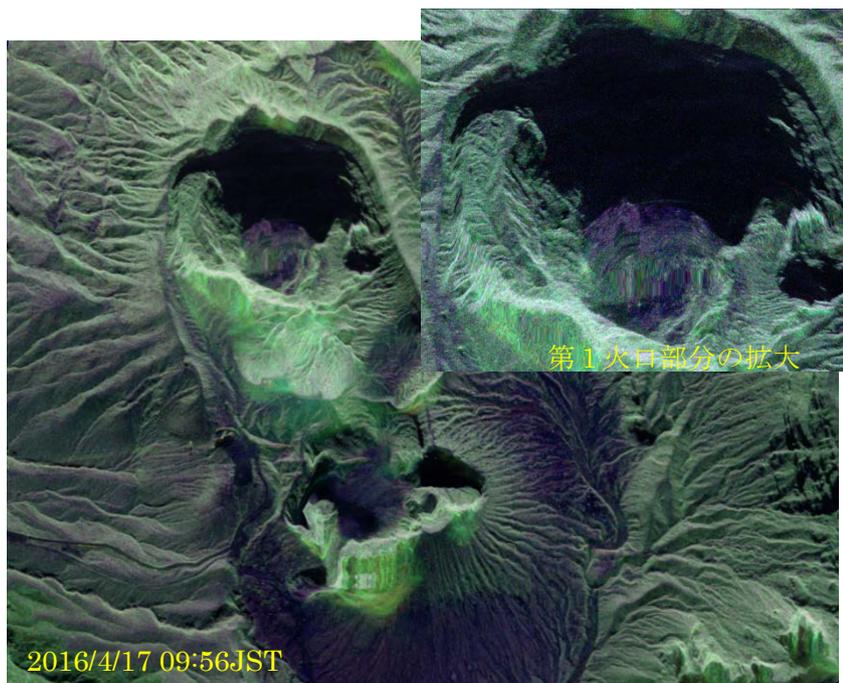


図 1 熊本地震本震後の中岳周辺の Pi-SAR2 画像(5km x 7km)  
(2016/4/17 9:56JST)

図 1 と 2 とともに オルソ処理済み。  
同じエリアを切り出し。  
図 2 と比較して第一火口底の形状がやや異なるが、オルソ化処理の影響の可能性もあり。

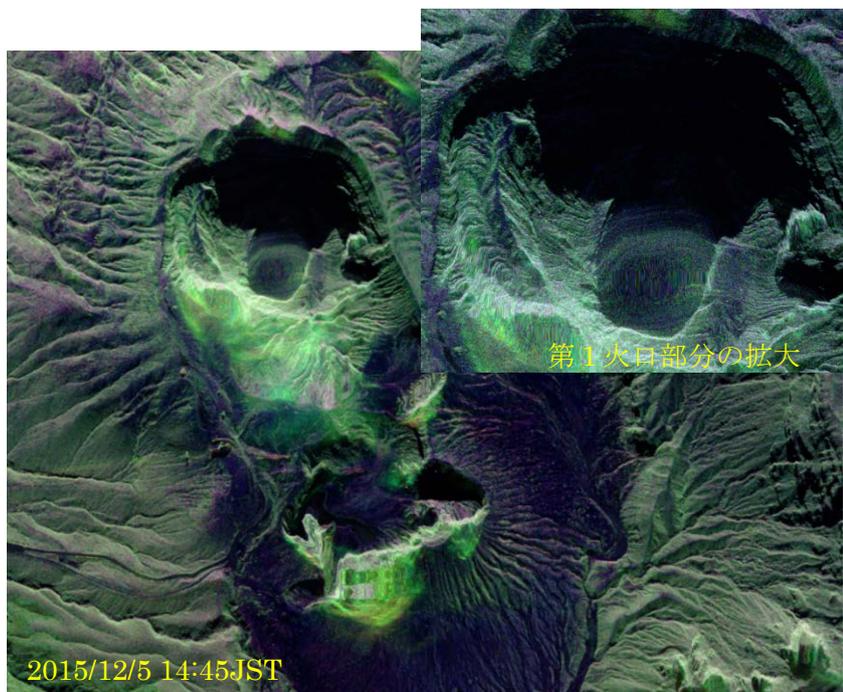


図 2 昨年 12 月の中岳周辺の Pi-SAR2 画像(5km x7km)  
(2015/12/5 14:45JST)

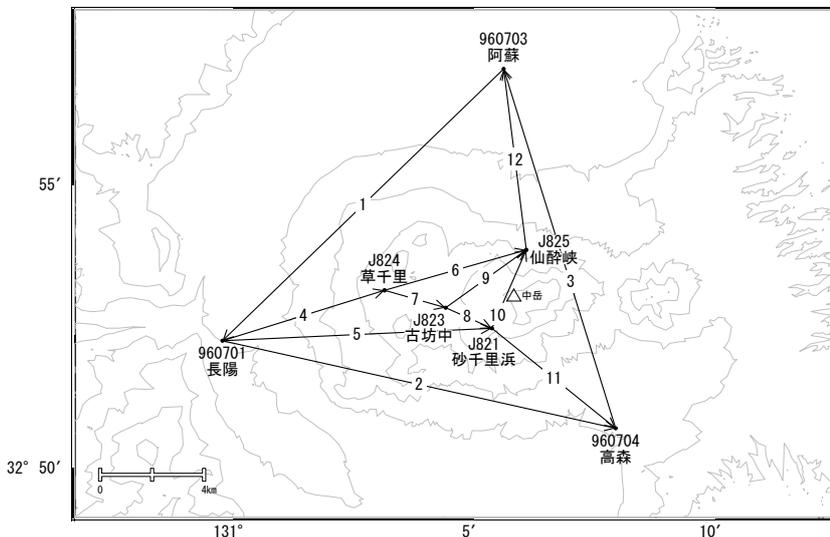


図 3 Pi-SAR2 観測エリア  
赤破線,黄枠線内はそれぞれ 4 月,  
12 月の観測パス  
国土地理院地図使用

# 阿蘇山

「平成28年熊本地震」の影響を受け、阿蘇山を囲む基線で最大0.9m程度の伸びが発生し、その後わずかな伸びの傾向があります。また、中岳火口周辺を囲む基線での地震後のわずかな短縮の傾向が見られていましたが、その後目立った変動はありません。

阿蘇山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(1)



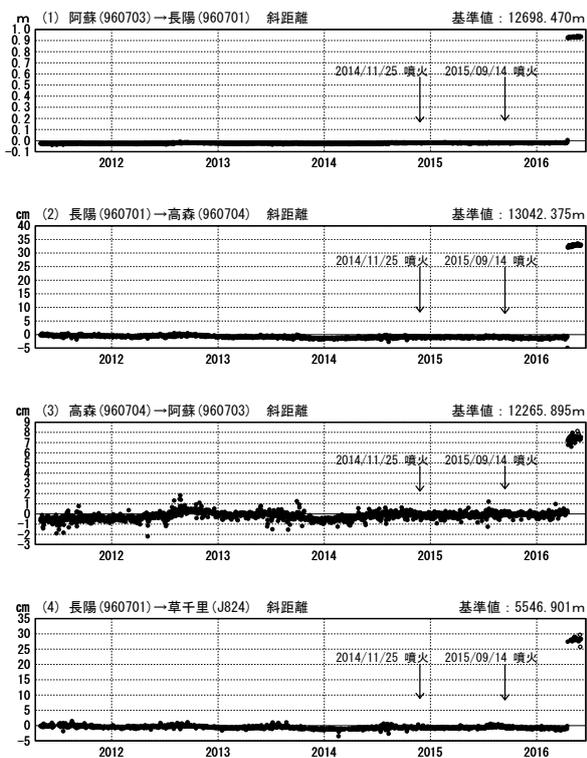
## 阿蘇山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
960701	長陽	20120307	伐採
		20120824	アンテナ・受信機交換
		20150609	アンテナ交換

点番号	点名	日付	保守内容
960703	阿蘇	20120824	アンテナ・受信機交換
		20140626	伐採
960704	高森	2012年3月頃	伐採
		20121211	アンテナ交換

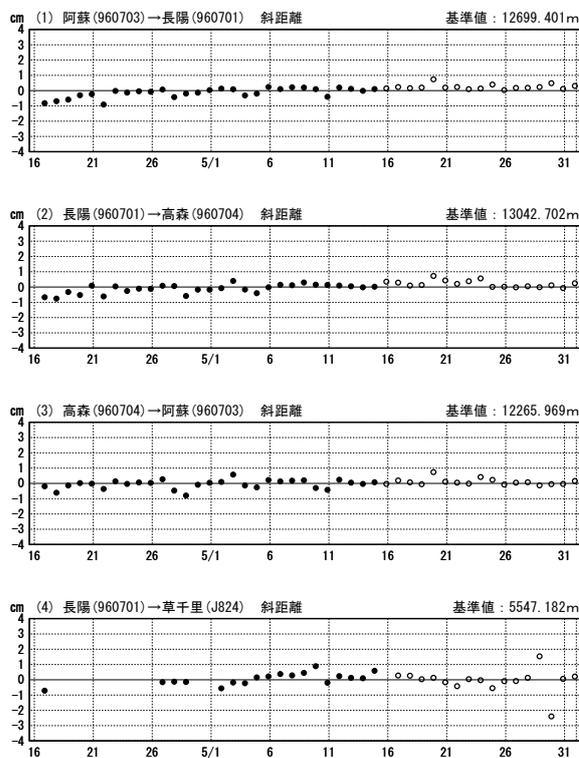
基線変化グラフ

期間：2011/05/01～2016/05/31 JST



基線変化グラフ

期間：2016/04/16～2016/05/31 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院・気象庁

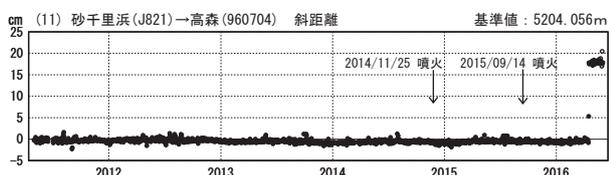
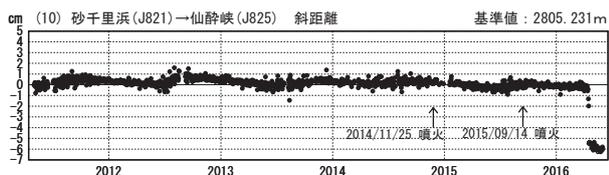
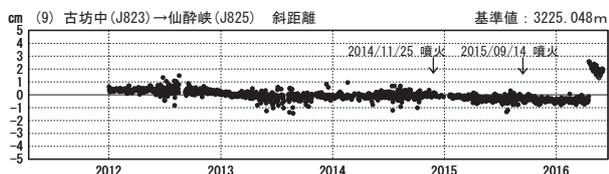
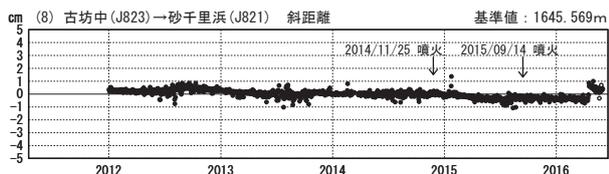
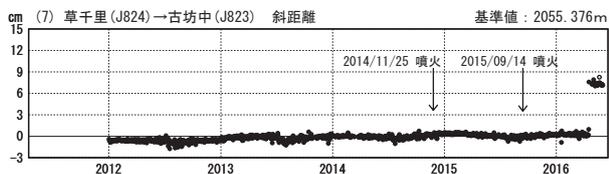
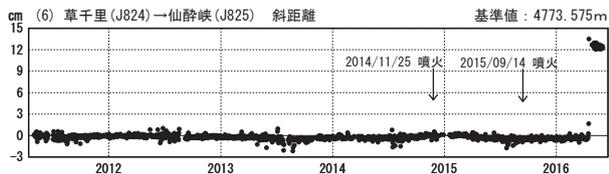
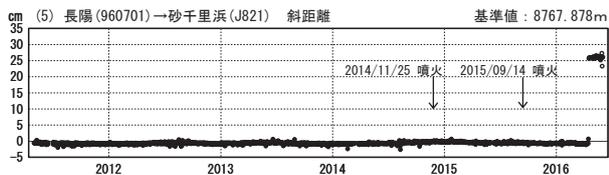
(注) 平成28年熊本地震の影響を受けています。

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

阿蘇山

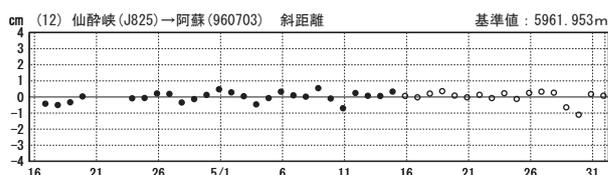
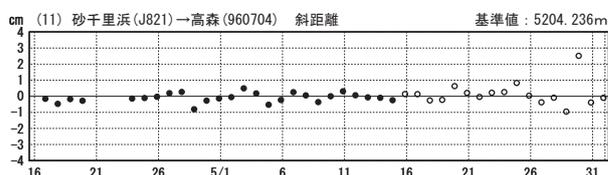
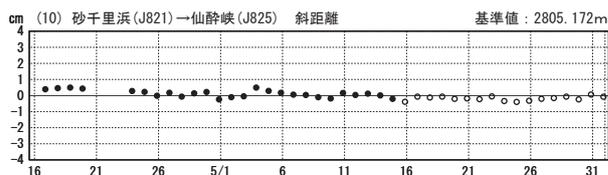
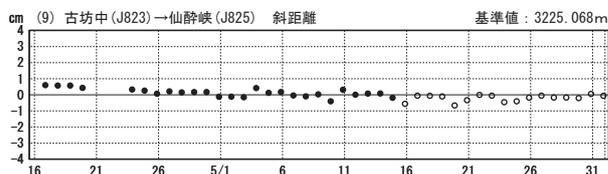
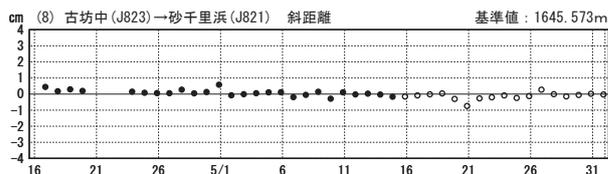
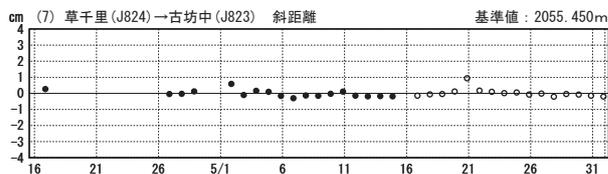
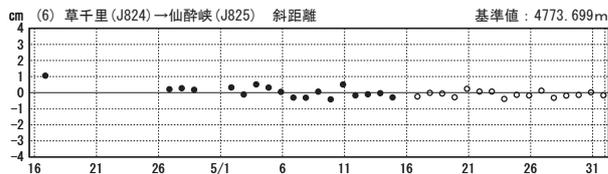
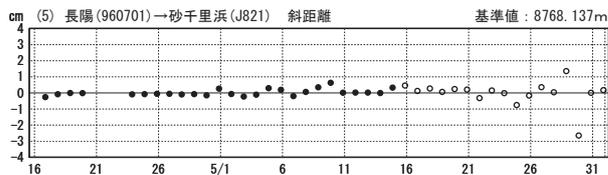
基線変化グラフ

期間：2011/05/01~2016/05/31 JST



基線変化グラフ

期間：2016/04/16~2016/05/31 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院・気象庁

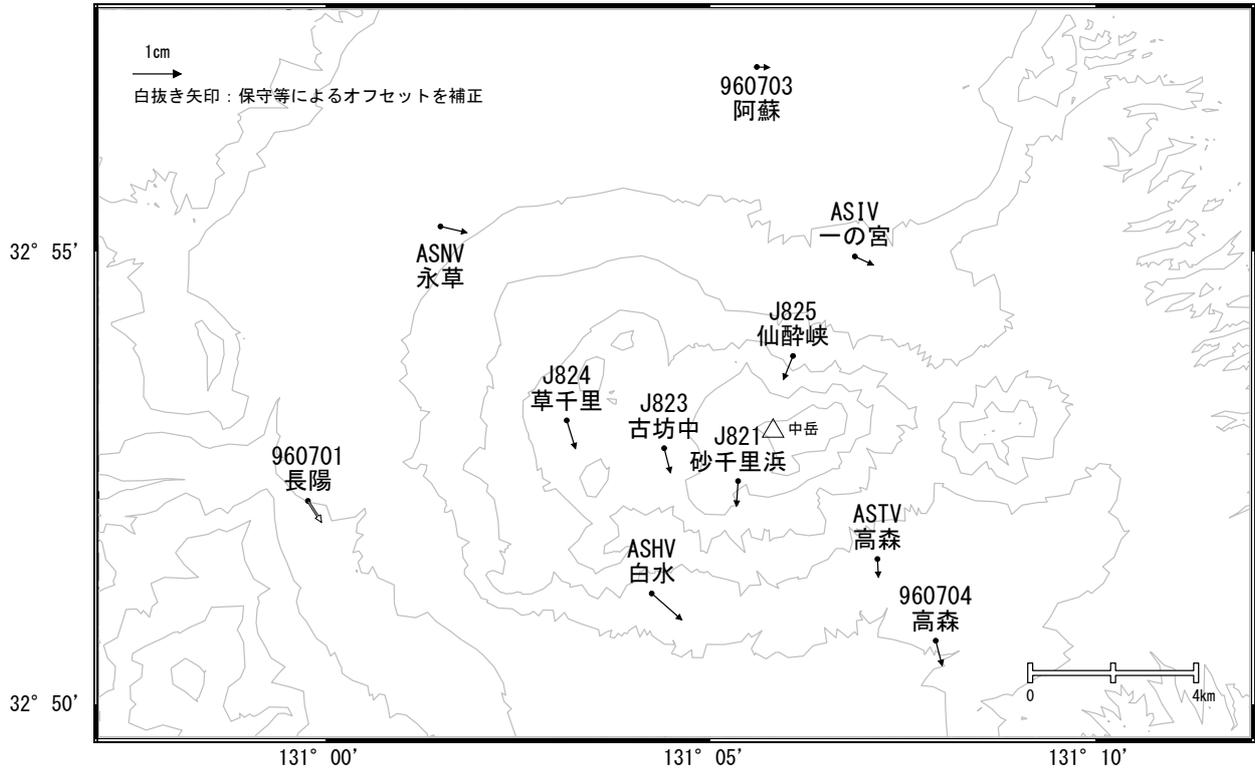
(注) 平成28年熊本地震の影響を受けています。

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

阿蘇山

阿蘇山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2015/04/01~2015/04/10[F3:最終解]  
 比較期間:2016/04/01~2016/04/10[F3:最終解]

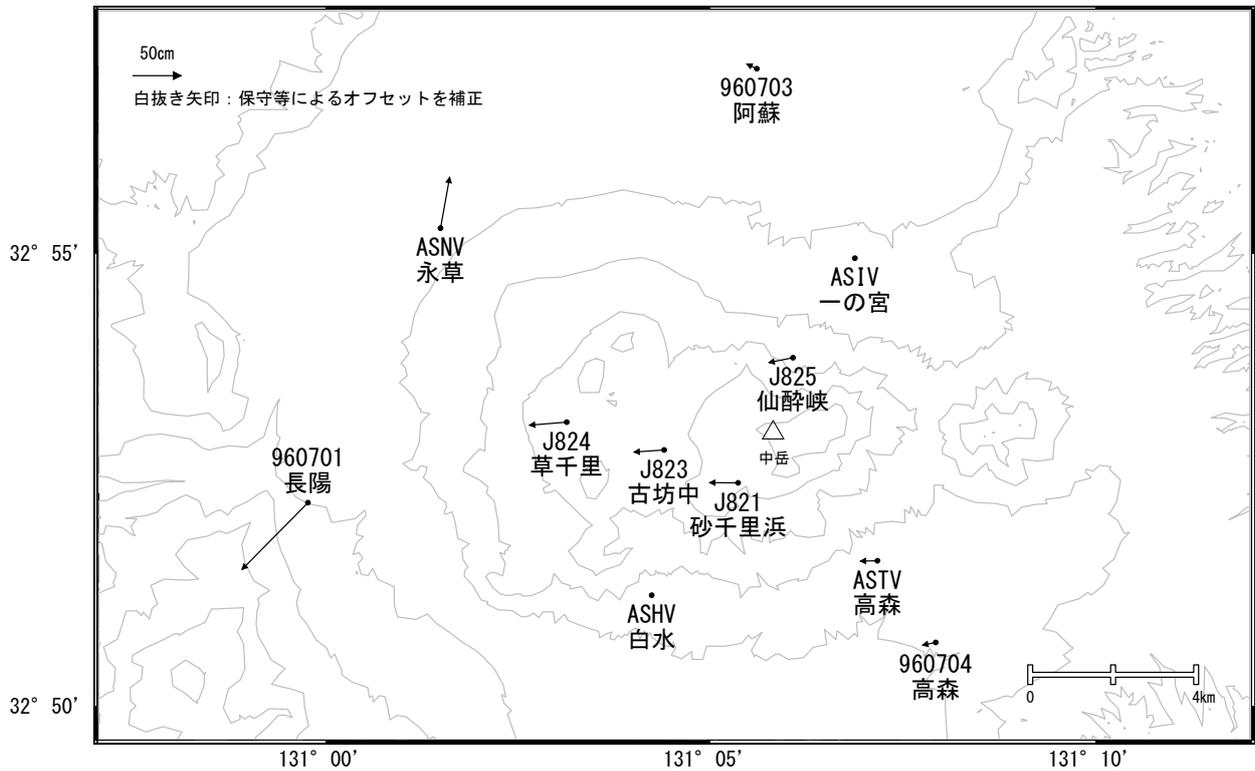


☆ 固定局:北方(960711)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

阿蘇山周辺の地殻変動(地震前後)

基準期間:2016/04/15~2016/04/15[F3:最終解]  
 比較期間:2016/04/16~2016/04/16[F3:最終解]



☆ 固定局:北方(960711)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

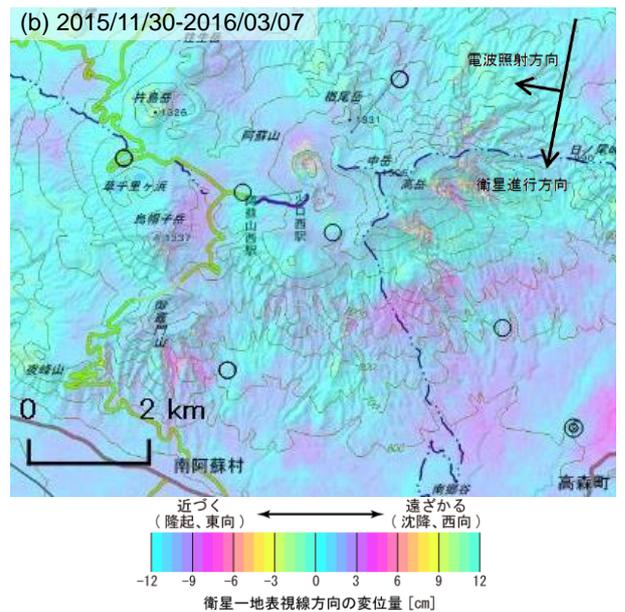
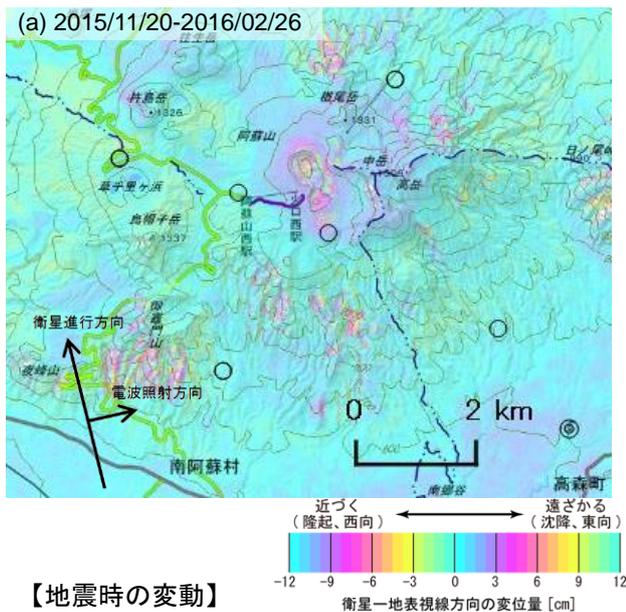
阿蘇山

阿蘇山の SAR 干渉解析結果について

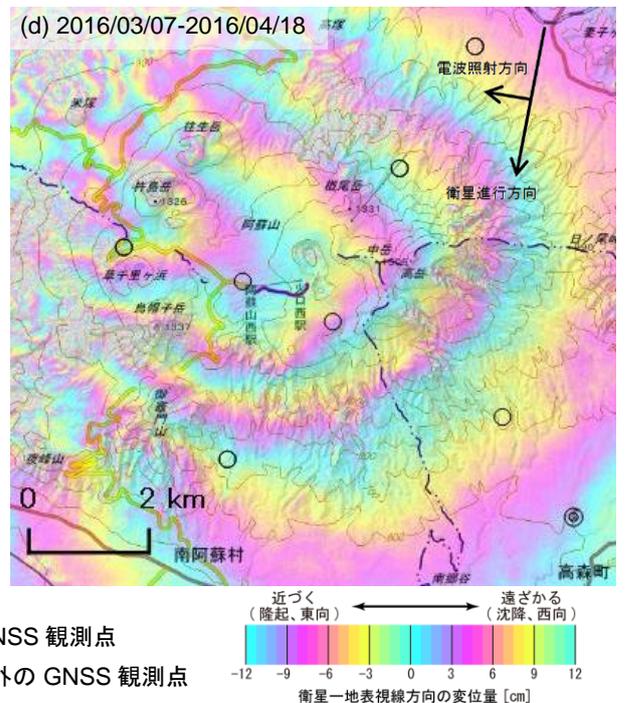
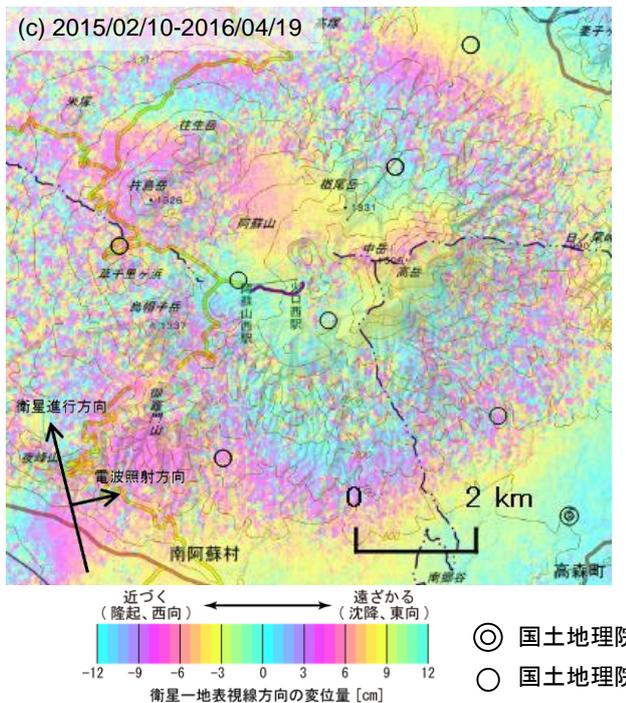
判読) (a)、(b)では、ノイズレベルを超える変動は見られない。  
 (c)では、平成28年熊本地震に伴い、衛星に近づく変動が見られる。  
 (d)では、平成28年熊本地震に伴い、衛星から遠ざかる変動が見られる。  
 2.5次元解析では平成28年熊本地震に伴い、沈降及び西向きの変動が見られる。  
 (e)、(f)ではノイズレベルを超える変動は見られない。

【地震前の変動】

背景：地理院地図 標準地図



【地震時の変動】

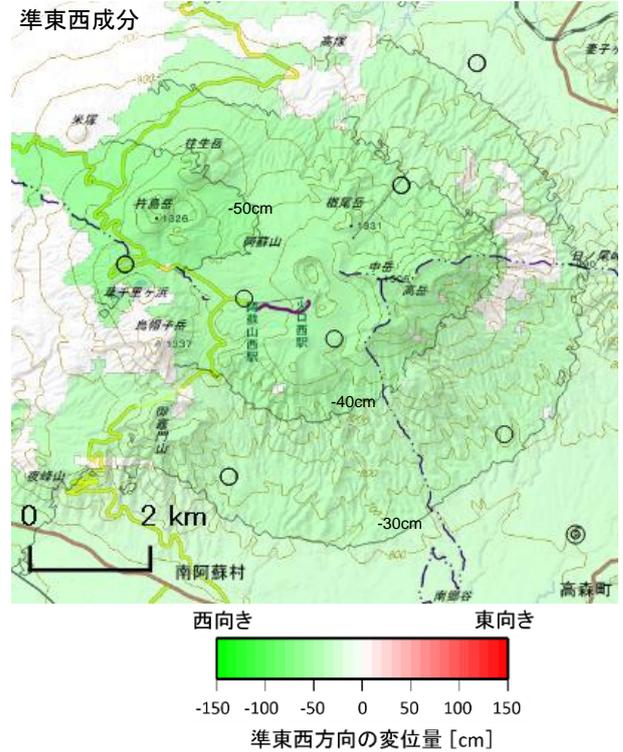
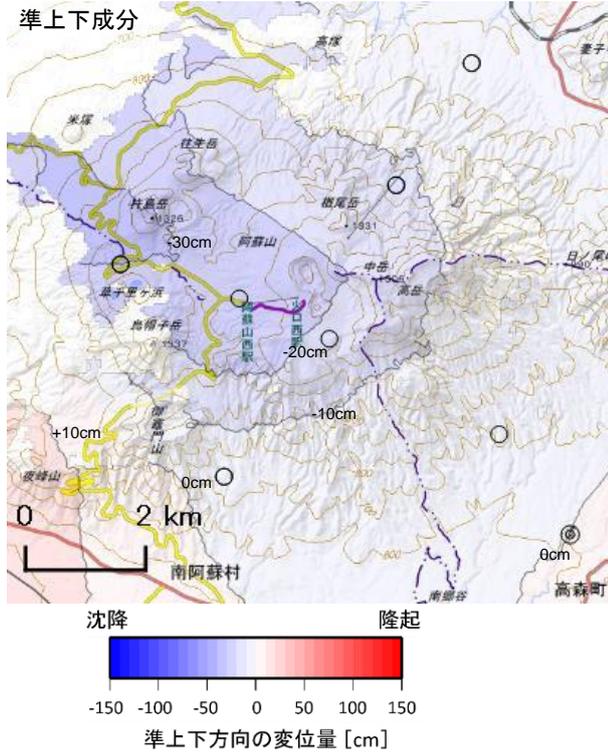


- ◎ 国土地理院 GNSS 観測点
- 国土地理院以外の GNSS 観測点

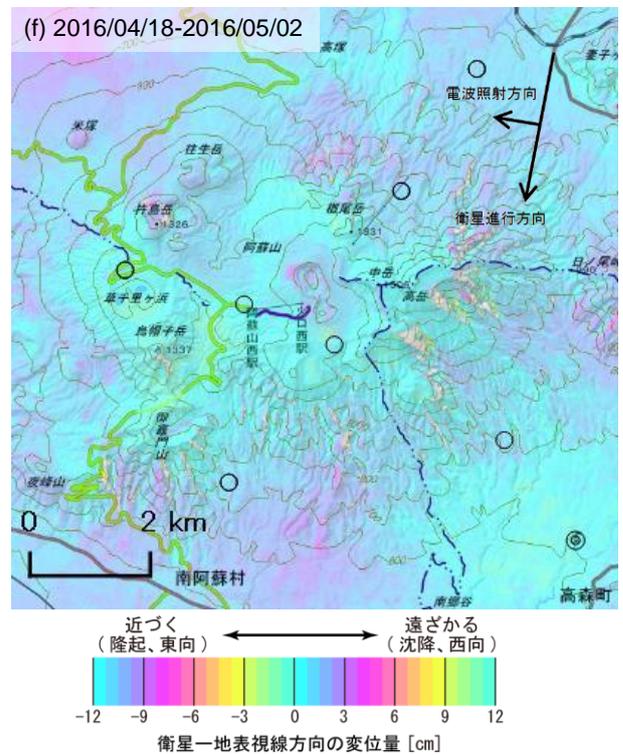
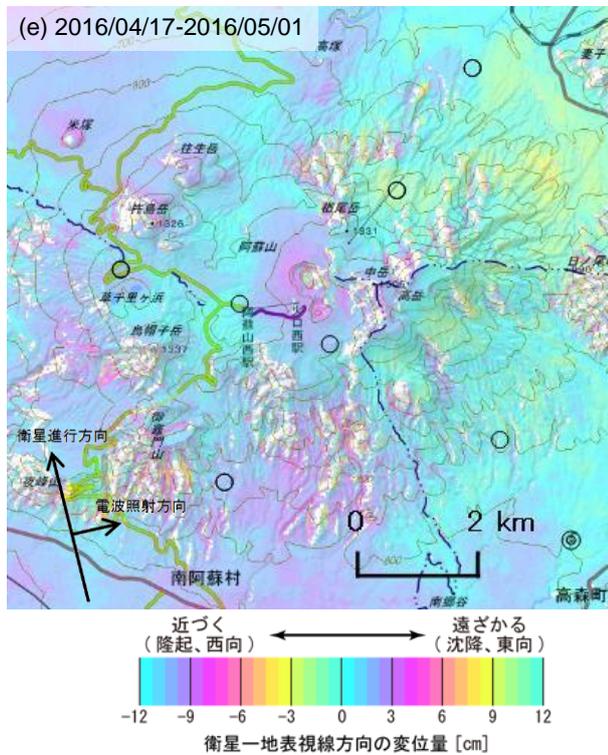
解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

阿蘇山

【(c)及び(d)から 2.5 次元解析をした結果】



【地震後の変動】



◎ 国土地理院 GNSS 観測点

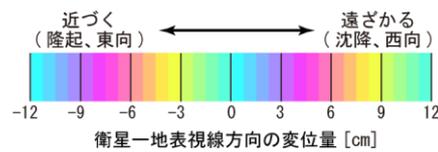
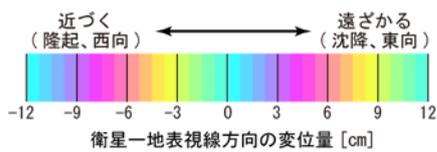
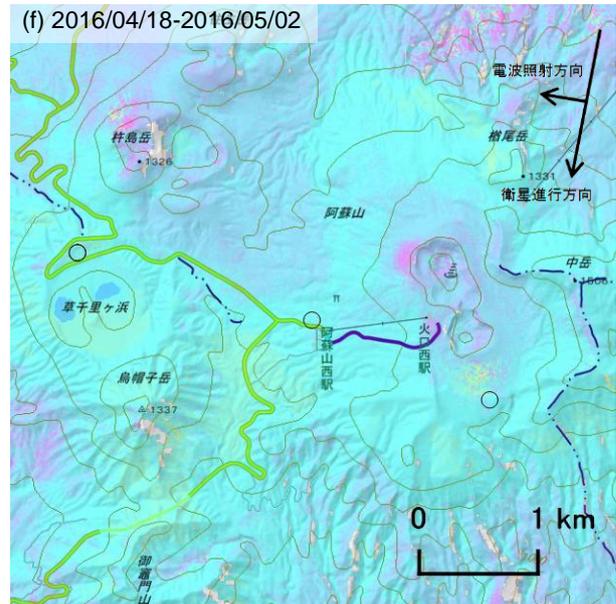
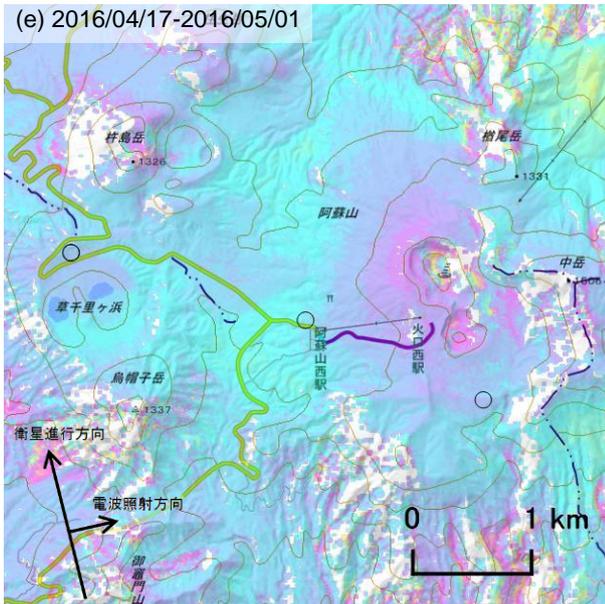
○ 国土地理院以外の GNSS 観測点

背景：地理院地図 標準地図

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

阿蘇山

【地震後の変動 草千里ヶ浜～中岳拡大図】



- ◎ 国土地理院 GNSS 観測点
- 国土地理院以外の GNSS 観測点

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2015/11/20 2016/02/26 00:11 頃 (98 日間)	2015/11/30 2016/03/07 12:18 頃 (98 日間)	2015/2/10 2016/4/19 00:46 頃 (434 日間)	2016/03/07 2016/4/18 12:18 (42 日間)	2016/04/17 2016/05/01 00:04 頃 (14 日間)	2016/04/18 2016/05/02 12:18 頃 (14 日間)
衛星進行方向	北行	南行	北行	南行	北行	南行
電波照射方向	右	右	右	右	右	右
観測モード*	U-U	U-U	V-V	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	36.3°	36.3°	65.9°	36.3°	20.1°	36.3°
偏波	HH	HH	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	- 254 m	- 105 m	+ 54 m	- 124 m	- 171 m	+ 87 m

\*U: 高分解能(3m)モード  
V: 広域観測(60m)モード

背景：地理院地図 標準地図

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

阿蘇山

# 平成28年熊本地震 「だいち2号」による地殻変動分布図

## 2.5次元解析結果

(c)と(d)の解析結果を用いて2.5次元解析を行い地殻変動の準上下及び準東西成分を算出した。

- ・準上下成分(図1)は、布田川断層帯の北側で1m以上の沈降、南側では30cm以上の隆起となっている。
- ・準東西成分(図2)は、布田川断層帯の北側で東向きに1m以上、南側では西向きに50cm以上の変動となっている。
- ・やや正断層成分を含む右横ずれ断層運動であったことを示唆している。

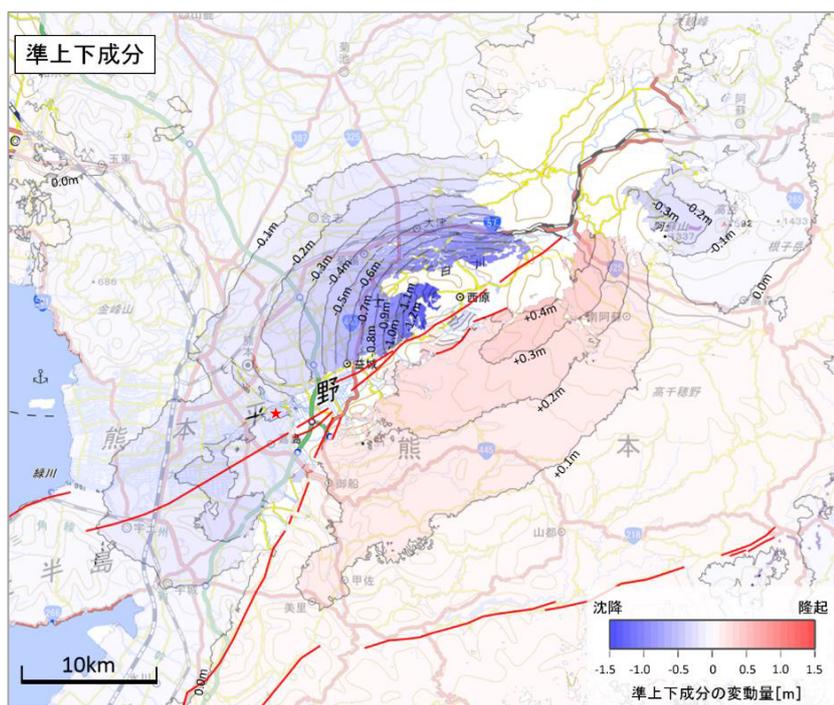


図1 地殻変動の準上下成分

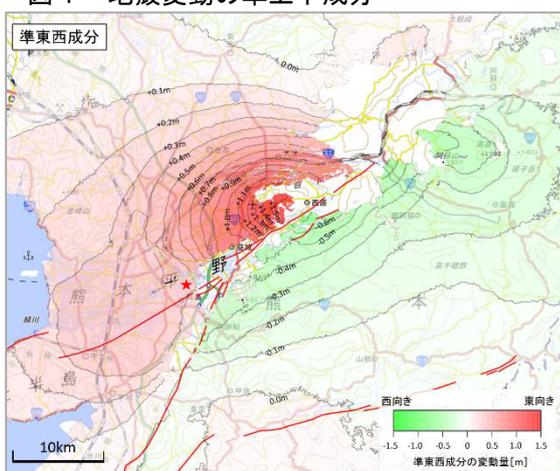
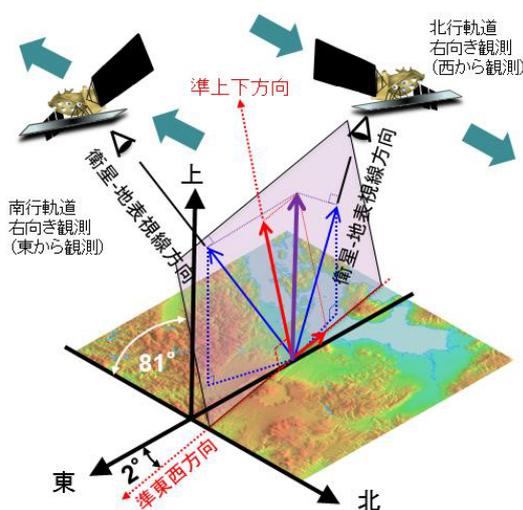


図2 地殻変動の準東西成分



解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

地震予知連絡会 SAR 解析 WG の活動により地震後の緊急観測要求を実施した。  
データはだいち2号に関する国土地理院と JAXA の間の協定に基づき提供された。

平成28年熊本地震の震源断層モデル（暫定）

SAR（だいち2号）及びGNSSで観測された地殻変動から、布田川断層帯および日奈久断層帯に沿った位置に震源断層が推定された。布田川断層帯では北西傾斜の断層面とその東側延長に南東傾斜の断層面、日奈久断層帯では北西傾斜の断層面で、それぞれ右横ずれ的な動きが生じたと推定される。

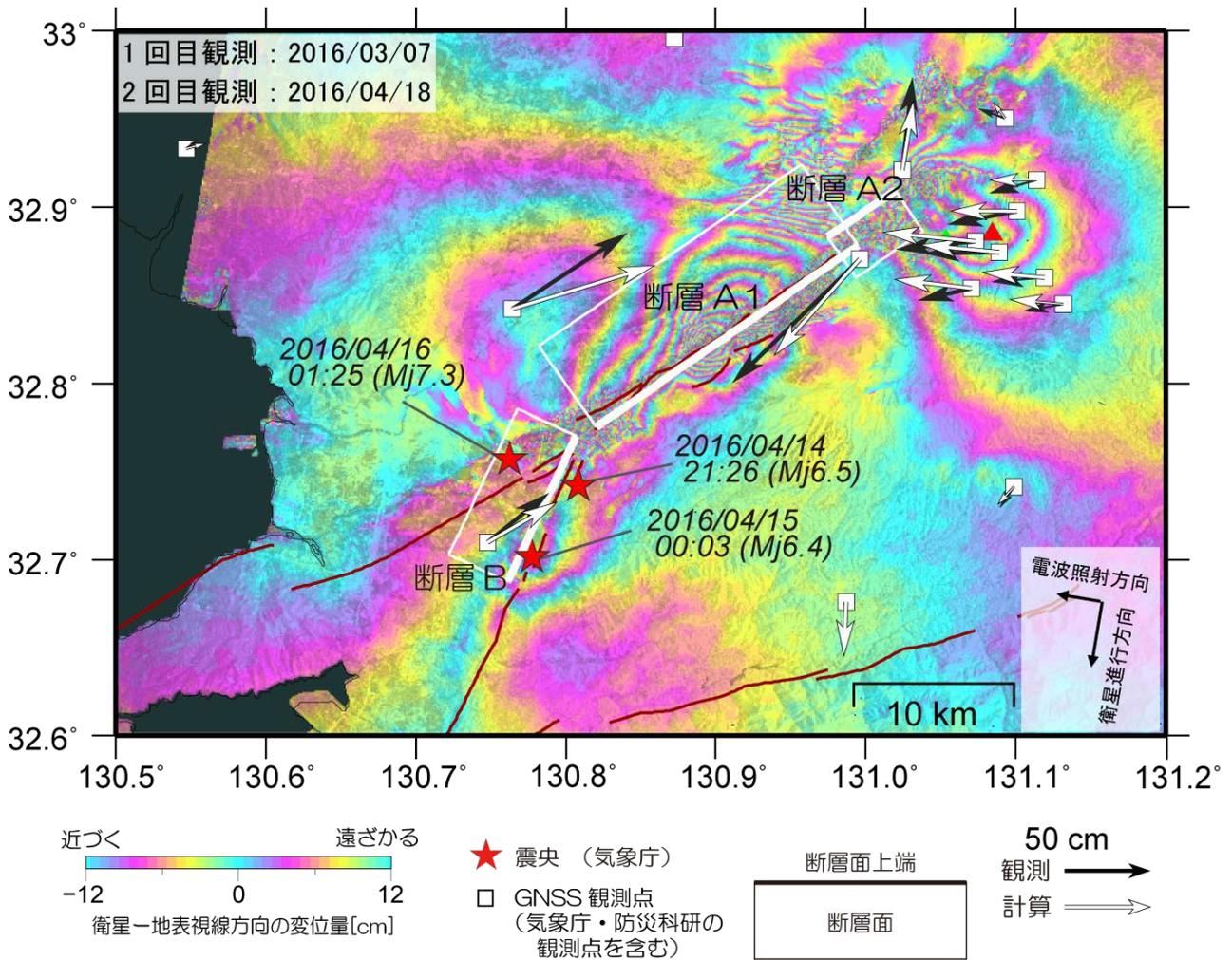


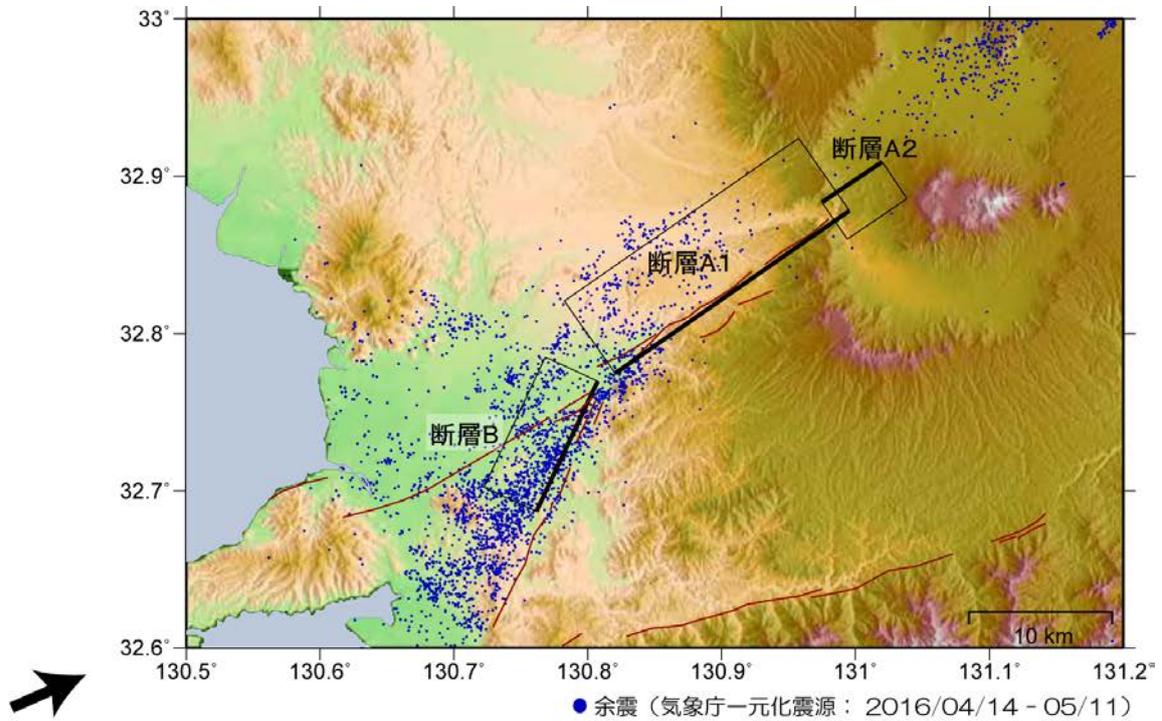
図1 干渉 SAR（観測値）と GNSS(観測値・計算値)

	経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]	滑り角 [°]	滑り量 [m]	M <sub>w</sub>
断層 A1	130.996	32.878	0.6	20.0	12.5	235	60	209	4.1	6.96
断層 A2	130.975	32.883	0.2	5.1	6.6	56	62	178	3.8	6.36
断層 B	130.807	32.770	0.8	10.2	13.0	205	72	176	2.7	6.65

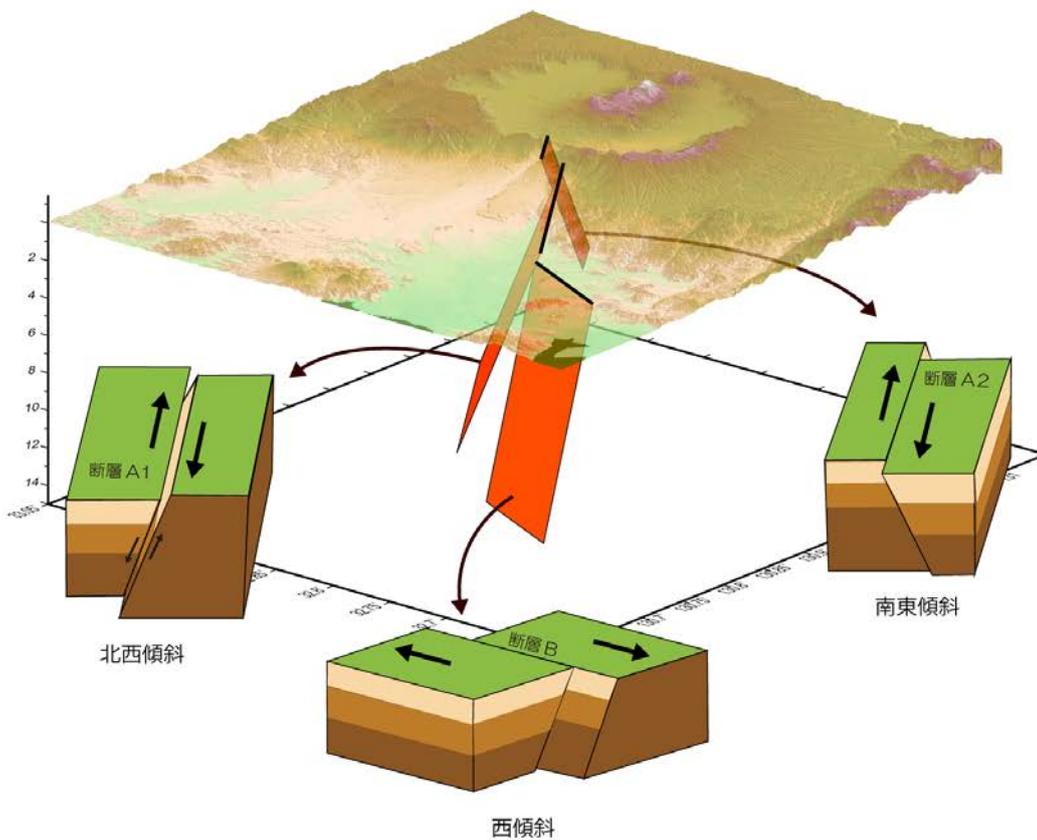
※矩形断層3枚での推定結果。位置は断層の左上端を示す。

SARデータについて  
解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

熊本地震の震源断層モデル（暫定） 模式図



3次元図視線方向



## 平成 28 年（2016 年）熊本地震後に撮影した阿蘇山の空中写真

- ・ 2016 年 4 月 29 日に撮影した垂直写真からオルソ画像を作成し、地形変化を確認した。
- ・ 中岳第一火口の北西部で火口壁の崩壊（崩壊幅 100m 程度）が確認された。
- ・ 杵島岳では崩壊が多数発生しており、山頂付近には多数の亀裂が認められる。

### ○中岳

2016 年 4 月 29 日に垂直写真を撮影した(図 1a). 中岳火口の火口壁では第一火口の北西部で幅 100m 程度の崩壊が発生しており(図 1b の黄色線の範囲), 崩壊物は火口底まで到達した可能性がある. それ以外の箇所においても幅 10m 程度の崩壊や, 落石が確認される. 参考として地震前の空中写真を示す(図 1c).

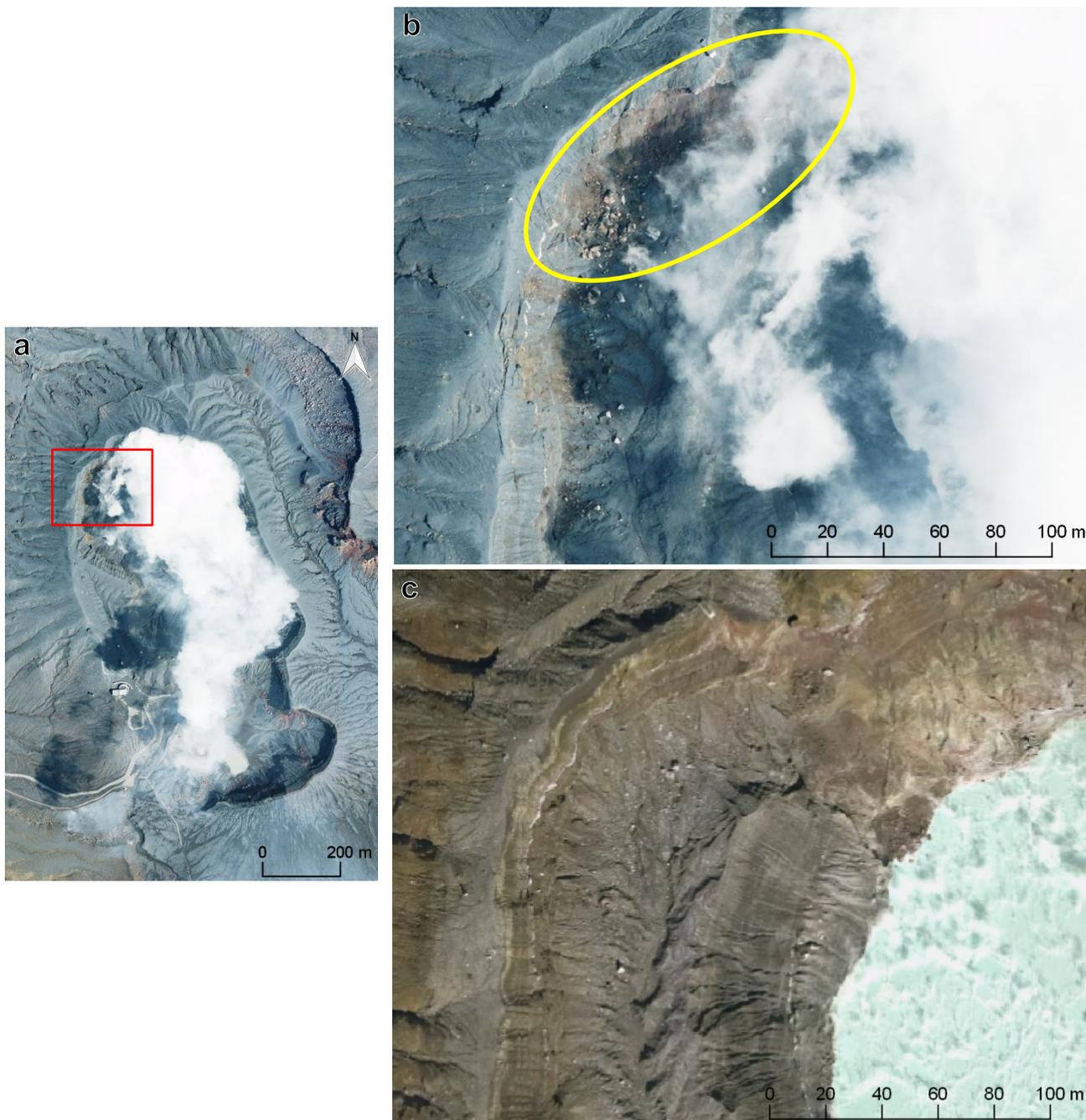


図 1 中岳火口周辺の画像

- (a) 2016 年 4 月 29 日撮影の空中写真より作成したオルソ画像 (b) 中岳第一火口北東部の拡大(a の赤枠の範囲)  
 (c) b と同一範囲のオルソ画像(地理院地図：災害対応\_火山\_阿蘇山\_過去の簡易空中写真(2013 年)を使用)

○杵島岳と往生岳

杵島岳周辺では崩壊が多数発生しているが、往生岳周辺では少ない傾向にある(図 2a)。杵島岳の山体上部には新鮮な亀裂が認められる(図 2b)。

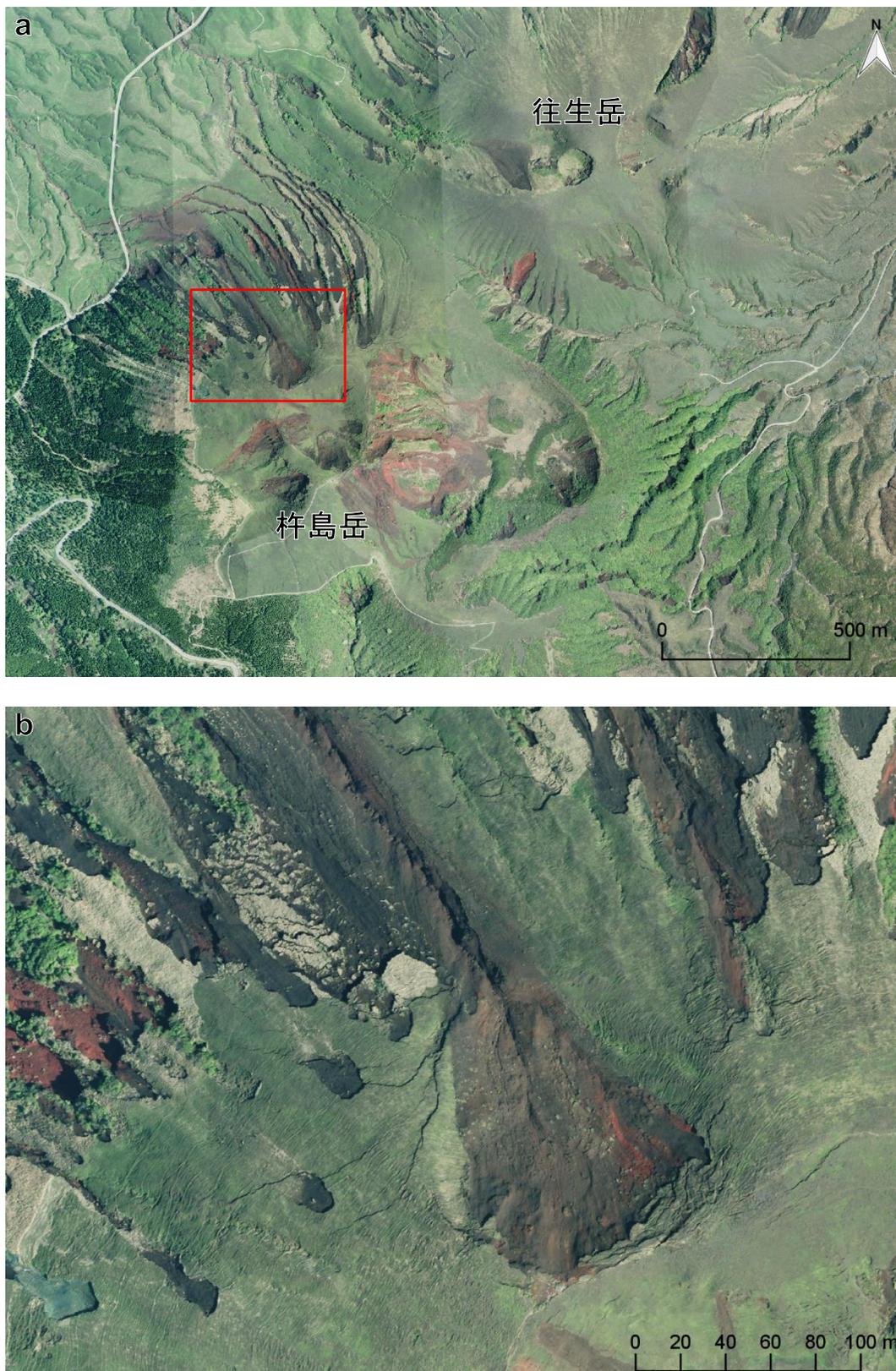


図 2 杵島岳と往生岳周辺の画像

(a) 2016年4月29日撮影の空中写真より作成したオルソ画像 (b) 杵島岳山頂部北側の拡大(aの赤枠の範囲)